
DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO

**MAESTRÍA EN DISEÑO
LÍNEA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA**

**La Arquitectura Tradicional como referencia para el
Diseño Bioclimático
Caso de Estudio: Tecozautla, Hgo.**

TESIS

PARA OPTAR AL GRADO DE MAESTRO EN DISEÑO
LINEA DE ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

PRESENTA

ROSALIA MANRÍQUEZ CAMPOS

México, D.F. Octubre de 2003

DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO

**MAESTRÍA EN DISEÑO
LÍNEA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA**

**La Arquitectura Tradicional como referencia para el
Diseño Bioclimático
Caso de Estudio: Tecozautla, Hgo.**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAESTRO EN DISEÑO
LINEA DE ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA**

PRESENTA

ROSALIA MANRÍQUEZ CAMPOS

DIRECTOR DE TESIS

DR. LUIS FERNANDO GUERRERO BACA

ASESOR DE TESIS

M. EN ARQ. VÍCTOR ARMANDO FUENTES FREIXANET

APROBADA POR EL JURADO

DR. MANUEL RODRÍGUEZ VIQUEIRA

DR. JOSÉ DIEGO MORALES RAMÍREZ

DR. LUIS FERNANDO GUERRERO BACA

M. EN ARQ. JORGE ANDRADE NARVAEZ

M. EN ARQ. VÍCTOR ARMANDO FUENTES FREIXANET

México, D.F. Octubre de 2003

Presentación

La Tesis *“La Arquitectura Tradicional como referencia para el diseño Bioclimático”* es el resultado de una investigación cuyo objetivo central consistió en el análisis de las características bioclimáticas de la Arquitectura Tradicional de Tecozautla, Hgo., con el fin de identificar componentes que puedan servir como conceptos de diseño en viviendas que se realicen en el futuro.

La presente investigación parte de la caracterización geográfica del sitio, el estudio de las variables climáticas regionales y de su ubicación temporal. Posteriormente expone los resultados del estudio tipológico de un grupo representativo de las viviendas tradicionales del poblado, en donde se identifican los rasgos formales, funcionales y materiales que han permitido su adaptación al medio natural.

Más adelante se presenta una serie de mediciones de las variables bioclimáticas que se consideraron más significativas en un caso concreto y la verificación de los datos mediante métodos numéricos.

Finalmente, con el sustento en tales datos, se generó un número importante de propuestas de materiales y componentes constructivos que, cumpliendo con las características bioclimáticas de la arquitectura tradicional sirven como medios alternativos en el diseño de obras contemporáneas.

Se trata de una investigación relevante debido a que vincula aspectos del análisis de la arquitectura vernácula y bioclimática que normalmente se plantean por separado, logrando no sólo la descripción de los casos de estudio, sino el desarrollo de criterios de diseño como solución a problemas de habitabilidad sustentable.

Contenido

Introducción	6
1. Estado del Arte	15
2. Antecedentes Históricos	21
3. Análisis Climático	29
4. Análisis Tipológico	78
5. Comportamiento Higrotérmico	92
6. Simulación numérica	104
7. Propuestas de Construcción	119
Conclusiones	127
Bibliografía	130
Indice de Figuras	133
Indice de Tablas	135
Apéndice A. Cédulas de Identificación	136
Apéndice B. Gráficas Estadísticas del Análisis Tipológico	146
Apéndice C. Formato de Fichas de Trabajo	154
Apéndice D. Registro de Lectura. 1ª Medición	151
Apéndice E. Gráfica Comportamiento Higrotérmico. 1ª Medición	165
Apéndice F. Registro de Lectura 2ª Medición	170
Apéndice G. Gráfica Comportamiento Higrotérmico 2ª Medición	174
Apéndice H. Registro de Lectura 3ª Medición	178
Apéndice I. Gráfica Comportamiento Higrotérmico. 3ª Medición	181
Apéndice J. Simulación Numérica 1er Método	184

Apéndice K. Simulación Numérica 2º Método	194
Curriculum Vitae	204

Introducción

El siglo XX fue un siglo de crecimiento demográfico, desarrollo económico y problemas ambientales sin precedentes. Entre 1900 y 2000, la población mundial aumentó de 1.600 a 6.100 millones de habitantes, con un consumo de energía de aproximadamente nueve mil millones de toneladas de petróleo equivalente al año.¹

Del total de la producción de energía en el planeta, el 90% proviene de la combustión de materiales fósiles tales como carbón, petróleo, y gas natural², cuyas emisiones a la atmósfera son responsables de incalculables daños ambientales a nuestro Planeta.

Por tal motivo resulta necesario replantear nuestro concepto de habitabilidad adoptando posturas vinculadas al desarrollo sustentable, que se relacionan con el abatimiento del impacto ambiental, el cambio de conceptos de diseño y de construcción de vivienda. Es necesario considerar el uso de recursos renovables de energía, como la solar, así como la óptima utilización de los recursos naturales para la construcción, tanto en lo que se refiere a las técnicas empleadas durante el proceso de producción de los materiales, como durante su transporte y en la propia edificación. Al evitar el uso de maquinaria se aminora el consumo de los recursos no renovables y se reduce la contaminación atmosférica.

“En algunos lugares, el uso exclusivo de materiales locales asegura la persistencia de antiguos métodos de construcción. Cuando se introducen materiales y métodos extraños, la tradición local declina, la costumbre es desplazada por la moda y el estilo vernáculo perece. Y cabe preguntarse si la desaparición de especies arquitectónicas nativas de un suelo no

¹ United Nation Population Division (UNPD) www.un.org, 2002

² World Resources Institute, 1999. New York and Oxford: Oxford University Press

desequilibra el balance de las civilizaciones igual que la de ciertos animales y plantas desequilibra el balance ecológico”³

Es por todos conocido que la Arquitectura Tradicional retoma los sistemas constructivos y arquitectónicos de cientos de años y que recupera un conocimiento adquirido con base en ensayos y errores, a través de la experimentación cotidiana.

Sin embargo, existen pocos estudios que abordan el tema de la arquitectura tradicional y el comportamiento bioclimático de sus materiales y elementos arquitectónicos, en forma integral, así como su interacción respecto a las condiciones de confort, en este ambiente.

Ante esta falta de información documental, se planteó la presente investigación cuyo objetivo central consistió en la búsqueda de conocimientos de mayor precisión con respecto al comportamiento bioclimático de elementos arquitectónicos tradicionales, para ser utilizados como conceptos de diseño en obras que se realicen a futuro. Se decidió trabajar en una región con rasgos característicos de un clima templado seco. Se tomó el caso de Tecozautla en el estado de Hidalgo, debido, por un lado a sus condiciones climáticas y por otro a que conserva un número importante de viviendas históricas y tradicionales las cuales conformaron el “universo de estudio” de esta investigación.

Para la realización de este trabajo, se partió de las siguientes preguntas de investigación, ¿Qué impacto tienen en el confort térmico, los elementos arquitectónicos que tradicionalmente se han utilizado en Tecozautla, Hgo.?, ¿Existe alguna ventaja en el aspecto bioclimático en la utilización de elementos arquitectónicos tradicionales?, ¿Cuáles elementos arquitectónicos son posibles de utilizar para el diseño de obras contemporáneas?

³ Rudofsky, Bernard. Constructores Prodigiosos. Concepto, México 1988

Para responder tentativamente a estas cuestiones y poder guiar la investigación se planteó la hipótesis de que los materiales y sistemas constructivos tradicionales que se utilizan en Tecozautla, proporcionan a la arquitectura local condiciones de confort muy adecuadas, como resultado de la inercia térmica, la masividad de las construcciones, la existencia de patios interiores, las alturas de los locales, la relación entre vanos y macizos, así como la orientación de las viviendas.

Los objetivos específicos que se plantearon para la verificación de esta hipótesis fueron los siguientes:

- Realizar una serie de levantamientos arquitectónicos del sitio, para identificar las características de los inmuebles tradicionales.
- Identificar la tipología de los elementos arquitectónicos en Tecozautla, Hgo. con el objeto estudiarlos y saber si éstos responden a las condiciones climáticas del lugar
- Realizar un Análisis Climático de la zona de estudio, para saber cuáles son las estrategias bioclimáticas recomendadas para esa zona, y cotejarlas con la Tipología del lugar.
- Realizar una serie de mediciones de temperatura, humedad, viento y radiación con el objeto de verificar el comportamiento higrotérmico de una vivienda típica.
- Simular numéricamente —mediante un programa de cómputo— el comportamiento higrotérmico de la vivienda seleccionada, con materiales y sistemas constructivos tradicionales y compararlo con diferentes materiales. Con el objeto de obtener parámetros de confort térmico.
- Proponer conceptos de diseño bioclimático con base en el Análisis Tipológico y Climático

La investigación se desarrolló de forma deductiva partiendo del ámbito general, desde los Antecedentes Históricos y el Análisis del Sitio. Para la realización del Análisis Tipológico de Tecozautla, se consideró que, *“Un elemento Clave de todo proceso tipológico consiste en la manera de proponer una secuencia de etapas de*

*abstracción o reconstrucción que sea suficientemente gradual. Una tipología progresiva con niveles secuenciales permite un análisis y una síntesis lógica”.*⁴

Para esto, se realizó el recorrido por el poblado, se tomaron una serie de fotografías, las cuales ayudaron a definir las viviendas que conformaron el universo de estudio de la investigación, seleccionando un total de veintiún viviendas, con base en la presencia de rasgos formales, funcionales y materiales recurrentes.

Para el desarrollo del Análisis Tipológico fue necesario la elaboración de una cédula de inventario, en la cual se fueron registrando datos tanto de carácter Formal-Espacial, como de carácter Bioclimático, como herramienta fundamental para iniciar el análisis tipológico. Los datos recopilados se capturaron en una hoja de cálculo electrónico, en Excel, de la cual se obtuvieron gráficas por cada uno de los conceptos, las cuales sirvieron para identificar los elementos y relaciones que fundamentan la construcción de una tipología arquitectónica local.

El comportamiento higrotérmico de las edificaciones fue otro de los aspectos clave para el desarrollo de esta investigación, por lo que se realizaron una serie de mediciones de temperatura, humedad, radiación, presión, velocidad y dirección del viento, en una vivienda representativa del universo de estudio, la cual se ubica en la calle Fray Juan de Sanabria N°40, en el Barrio de Los Cruces, Tecozautla, Hgo.

El primer paso para la realización de las mediciones antes mencionadas, consistió en identificar los puntos en donde se colocaron los instrumentos de medición, para lo cual fue necesario tomar en cuenta diversos aspectos, como la altura a la que se colocaron, que fue de un metro y medio del nivel del piso para evitar que el efecto del albedo fuera registrado por los sensores.⁵ Asimismo, fue necesario

⁴ Guerrero Baca, Luis Fernando, Tipología y Enseñanza del diseño arquitectónico, Estudios de Tipología Arquitectónica, UAM- AZC, México, 1997, p.68.

⁵ Leyva Contreras, Amando. Instructivo para el Manejo de los Piranómetros De tipo Robitszh y Evaluación de la Radiación Solar Global. Instituto de geofísica, UNAM; México, 1999

ubicar las estaciones en áreas despejadas donde —por recomendación de la WMO [World Meteorological Organization] — no deben existir obstáculos naturales por arriba de 4° al horizonte ni obstáculos artificiales, como edificios o construcciones por arriba de 5° al horizonte⁶

Las mediciones se realizaron con una Estación Climatológica, la cual consta de un termómetro, barómetro, higrómetro y anemómetro, y con instrumentos independientes como fueron los siguientes: Actinógrafo, Termohigrógrafo, Termómetro de Globo, Termómetro de Máximas y Mínimas, Anemómetro, Termohigrómetro digital, Piranómetro y multímetro , cuyo manejo se detalla en el capítulo correspondiente a las mediciones.

Se diseñaron fichas de trabajo, para el registro de lecturas de cada uno de los instrumentos en donde se anotaron los datos correspondientes, mismos que fueron capturados en hojas de cálculo electrónicas, en Excel, obteniendo así gráficas de todas las mediciones realizadas que permitieron el posterior análisis del comportamiento higrotérmico de la edificación.

Para proponer conceptos de Diseño Bioclimático, fue indispensable, la realización de un Análisis Climático, el cual se elaboró siguiendo el método propuesto por el Mtro. Víctor Armando Fuentes Freixanet⁷. Primeramente fue necesario conocer los aspectos climáticos del lugar de estudio. Debido a que Tecozautla cuenta solamente con una estación climatológica y no existe un observatorio, fue necesario estimar algunos datos faltantes como los de Humedad media, máxima y mínima,⁸ , Radiación solar total, directa y difusa,⁹ así como los datos de Temperatura de Bulbo húmedo Tensión de vapor, Presión media y Radiación,¹⁰ respecto a los datos de dirección y velocidad del viento, se trabajó con los de

⁶ Mota Ramirez, Arturo. Técnicas de Observación de la radiación Solar. UAM-AZC, México, 1999

⁷ Fuentes Freixanet, Víctor Armando. Metodología de Diseño Bioclimático, UAM, México.2002.

⁸ Fuentes Freixanet, Víctor, Figueroa Castrejón Aníbal. “Estimación de humedades relativas horarias medias mensuales a partir de medias.

⁹ Fernández Z. José Luis. Cálculo de la Radiación Solar Instantánea en la República Mexicana, Instituto de Ingeniería, UNAM, México.

Querétaro¹¹, por ser una localidad muy próxima y presentar características climáticas similares.

Con el objeto de obtener un Análisis Climático completo, éste se realizó desde diferentes perspectivas, por lo cual fue necesario realizar diferentes tipos de análisis: anual, mensual, paramétrico, y de geometría solar, determinando así las estrategias principales con el apoyo de las Cartas Bioclimática¹² y Psicrométricas de estrategias generales, de arropamiento y de actividad metabólica¹³, así como del Triángulo de Confort¹⁴ y de las Tablas de Mahoney¹⁵, concluyendo con la Matriz de Climatización¹⁶.

A partir de las estrategias de diseño bioclimáticas resultantes de los análisis previamente mencionados y de la caracterización tipológica del sitio, se prosiguió a la verificación de la hipótesis planteada en esta investigación, interrelacionando los datos y para determinar, si la arquitectura local, responde de manera adecuada a características climáticas del sitio.

Dentro de esta investigación también se desarrollaron simulaciones numéricas del comportamiento térmico (Balance Térmico) de la misma vivienda, de la cual se efectuaron las mediciones del comportamiento higrotérmico. Primeramente se realizó el Balance Térmico¹⁷ de una habitación, considerando los materiales tradicionales de acuerdo a la manera en que está construida actualmente: piso de cantera, muros de piedra de un espesor de 64 cm., cubierta de tejamanil con vigas de madera como elemento portante, y la abertura que corresponde a la de la puerta de madera maciza de 1.00 m de ancho por 2.00 m de alto. Para la

¹⁰ Fuentes Freixanet, Víctor Armando, Op. Cit.2002.

¹¹ Atlas del Agua

¹² Carta Bioclimática para exteriores, según Olgyay, adecuado por Szokolay.

¹³ Carta psicrométrica, según Givoni.

¹⁴ Triángulo de confort de John Martín, Evans

¹⁵ Tablas de Mahoney

¹⁶ Matriz de climatización Fuentes Freixanet.

¹⁷ Fuentes Freixanet, Víctor Armando.

realización del cálculo del Balance Térmico, se eligió el mismo día en que se realizaron las mediciones con el fin de contar con datos reales.

Debido a que el método de simulación numérica antes mencionado es de tipo estático, mostró cierta diferencia del comportamiento de los diferentes materiales, pero no reflejó el efecto de amortiguamiento, por lo cual fue necesario recurrir a otro modelo de simulación.

Se consideró el método propuesto por el Dr. José Diego Morales Ramírez¹⁸, para la realización de un nuevo Balance Térmico, de la habitación antes mencionada. Este modelo de simulación contempla la mayoría de los parámetros y variables del clima, incluyendo la temperatura sol-aire, obteniendo así, resultados más similares al comportamiento de las mediciones reales.

Una vez que se realizó el Balance Térmico de los materiales tradicionales, se propusieron diferentes materiales, tanto tradicionales como modernos, tomando en cuenta sus características y espesores, con el objeto de verificar que su comportamiento cumpliera con la resistencia térmica requerida para mantener espacios confortables.

El Análisis Tipológico, el Análisis Climático, las Estrategias de Diseño Bioclimático, así como el Balance Térmico, fueron herramientas de gran importancia para llegar al objetivo principal de esta investigación, que fue el Proponer Conceptos de Diseño Bioclimático.

Las recomendaciones de construcción bioclimática planteadas en la presente investigación tienen como finalidad que las obras que se construyan sean confortables en el aspecto higrotérmico, además de integrarse adecuadamente a la tipología del lugar, haciendo uso eficiente de la energía y aprovechando los recursos propios de la región.

Espero que este trabajo pueda propiciar el conocimiento y rescate de la arquitectura tradicional como fuente de aprendizaje de soluciones para el diseño presente y futuro, además de apoyar su valoración entre los usuarios, al reconocer sus destacadas cualidades ecológicas.

¹⁸ Morales Ramírez, J. Diego y Sámano T. Diego A. Cargas térmicas en Edificaciones, Notas del curso de actualización en energía Solar, UNAM, México, 1986.

Estado del Arte.

Dentro de la amplia bibliografía especializada referente a la Historia de la Arquitectura Universal existen tres libros que fueron de gran importancia para el desarrollo de ésta investigación. Estos son: “A History of Architecture”²⁰ el cual describe la arquitectura a través de la historia, sus elementos constructivos así como detalles arquitectónicos. “History of World Architecture-Primitive Architecture”²¹ y “Ancient Architecture”²² fueron de gran utilidad debido a que en ellos se pudo apreciar diferentes tipos de Arquitectura aborigen, tomando en cuenta sus condiciones climáticas, analizando sus espacios interiores, sus elementos constructivos, la ideología con la que se vinculan y su funcionalidad.

Cabe destacar que en lo que se refiere a la Arquitectura Mexicana existen dos fuentes de importancia “El Arte Colonial en México”²³ en el cual se estudian viviendas indígenas, así como diversas construcciones del Estado de Hidalgo, que es donde se encuentra el caso de estudio. El libro “Historia de Arquitectura en México”²⁴ es una fuente importante, ya que muestra las características de la arquitectura prehispánica.

En lo que se refiere a la Arquitectura Vernácula, en el plano internacional existen grandes libros que fueron de utilidad entre los que destacan dos de los libros de Rudofsky, “Constructores Prodigiosos”²⁵ y “Arquitectura sin arquitectos”²⁶ quien se ha preocupado por escribir sobre el tema de la Arquitectura a través de la Historia, mostrándonos una gran visión del comportamiento de la arquitectura vernácula, así como de sus materiales, sistemas constructivos e integración al paisaje. Otras fuentes bibliográficas de importancia fueron “Illustrated Handbook of Vernacular

²⁰ Fletcher, B. A history of Architecture. Butterworths, London. 1989

²¹ Guidoni, Enrico. History of World Architecture. “Primitive Architecture”. Electa Rizzoli. 1992.

²² S. Lloyd. H.W. Mülleri. History of World Architecture. “.Ancient Architecture” Electa Rizzoli. 1992.

²³ Toussaint, Manuel. El arte colonial en México. Inst. de Investigaciones Estéticas, UNAM, México, 1990.

²⁴ De Anda, Enrique X. Historia de la Arquitectura Mexicana. Gustavo Gili. México, 1995.

²⁵ Rudofsky, Bernard. Constructores prodigiosos. Concepto, México. 1988.

²⁶ Rudofsky, Barnard. Arquitectura sin arquitectos. Editorial Universitaria. Buenos Aires. 1973.

Architecture”²⁷ y “Arquitectura Anónima”²⁸ las cuales de una forma muy gráfica muestran diferentes sistemas constructivos, materiales, y detalles arquitectónicos utilizados desde tiempos de las cavernas, así como diferentes tipos de Arquitectura Vernácula de acuerdo al clima en donde se encuentra.

Dentro de la bibliografía especializada referente a la Arquitectura Vernácula y tradicional cabe destacar que en lo que se refiere a México, existen Cuatro fuentes bibliográficas que fueron de importancia para esta investigación: “Arquitectura Vernácula en México”,²⁹ “Arquitectura Campesina en México”,³⁰ “Estudios de Tipología Arquitectónica 1996”³¹ y “Estudios de Tipología Arquitectónica 1997”³² los cuales nos dan una gran visión a cerca de la arquitectura vernácula y tradicional, tomando en cuenta su tipo de clima y mostrándonos componentes de tipología arquitectónica, describiendo diferentes zonas rurales. Siendo de gran utilidad este ultimo en donde en “*Tipología y enseñanza del diseño arquitectónico*” el Dr. Luis Fernando Guerrero propone un método para la realización de un análisis tipológico, tomando en cuenta éstos parámetros para la realización de la cédula de identificación, que fue básica para ésta investigación.

*“Un elemento clave de todo proceso tipológico consiste en la manera de proponer una secuencia de etapas de abstracción o reconstrucción que sea suficientemente gradual. Una tipología progresiva con niveles secuenciales permite un análisis y una síntesis lógica”*³³.

Dentro de la poca bibliografía existente que toque el tema de la Arquitectura tradicional o vernácula, combinando la Arquitectura Bioclimática se encontró la revista “L’Architecture”³⁴ en sus N° 401 et 399, de 1976, publicó los artículos “Le

²⁷ Brunskill, R.W. Illustrated Handbook of Vernacular Architecture. Ed. Faber & Faber. London. 1971

²⁸ Taylor, John S. Arquitectura Anónima. Editorial Stylos. 1992

²⁹ López Morales, Francisco. Arquitectura Vernácula en México. Trillas. México. 1987.

³⁰ Prieto, Valeria. Vivienda Campesina en México. SAHOP, México, 1978.

³¹ Guerrero, Luis y Rodríguez, Manuel. Estudios de Tipología Arquitectónica. UAM-Azc. México. 1996

³² Guerrero, Luis y Rodríguez, Manuel. Estudios de Tipología Arquitectónica. UAM-Azc. México. 1997

³³ Guerrero. Op. Cit. 1997

³⁴ L’architecture. N° 401 et N°339, Roche, Manuelle. France. 1976

Moyen-Orient, ses territoires, ses hommes et leur maisons” y “*L’architecture anonime*” respectivamente, las cuales muestran la vivienda del medio oriente y del desierto, así como su adaptación al lugar, toman en cuenta los materiales del lugar, el clima, el color y la vegetación.

De gran importancia para esta investigación son las publicaciones “Caracterización de la arquitectura de tierra. Aplicaciones con criterios de sustentabilidad,”³⁵ “Atributos ecológicos de la arquitectura de tierra”³⁶ y “Tradición en el uso de masividad en climas extremosos y cálidos secos”³⁷ ya que ellos aportan una visión panorámica de cómo el hombre desde sus orígenes ha utilizado la tierra y las arcillas como materiales de construcción, y, en su búsqueda de confort ha combinado materiales y técnicas de construcción. Nos hablan de las cualidades y conducción térmica de los elementos naturales así como de la masividad. Estos artículos son de gran importancia debido a la similitud en cuanto a los materiales y sistemas constructivos de Tecozautla, Hgo.

Dentro de la bibliografía local “Monografía de Tecozautla, Hgo.”³⁸ es un libro que fue de gran utilidad ya que en él encontramos datos importantes del lugar de estudio, como son su situación geográfica, hidrología, orografía, apoyado por mapas, así como datos referentes a las primeras construcciones. Complementando estos datos con la información obtenida de la página del Estado de Hidalgo³⁹

Para el apoyo del aspecto bioclimático son de gran utilidad los libros “Criterios de adecuación bioclimática”,⁴⁰ “Environmental Science Handbook”⁴¹ y “Design with

³⁵ Guerrero B. Luis F. “*Caracterización de la arquitectura de Tierra. Aplicaciones con criterios de sustentabilidad*”, en García Ch. José(Comp. Memorias del Seminario Internacional:Hacia una Arquitectura ecológica y sustentable, México D.F. UAM-Azcapotzalco, 2000

³⁶ Guerrero, Luis. “*Atributos ecológicos de la arquitectura de tierra*”

³⁷ Fuentes, Víctor y Rodríguez, Manuel “*Tradición en el uso de masividad en climas extremosos y cálidos secos*” UAM- Azcapotzalco.

³⁸ Manríquez, Gomiciaga, Simón, Monografía de Tecozautla, Hgo. México 1966

³⁹ www.edo-hidalgo.gob.mx, 2001

⁴⁰ Figueroa, Aníbal y Fuentes, Víctor. Criterios de adecuación bioclimática en la Arquitectura. IMSS 7300, México, 1988 .

⁴¹ Szokolay, Steve. Environmental Science Handbook. The Construction Press,Ltd. Lancaster, England, 1980.

climate”⁴², “Introducción a la Arquitectura Bioclimática”⁴³ los cuales nos hablan sobre materiales, dimensiones, sistemas constructivos y en general sobre estrategias de adecuación bioclimática.

El método de Diseño Bioclimático propuesto por el Mtro. Víctor Fuentes⁴⁴, en “*Metodologías de Diseño Bioclimático*” fue el que se siguió para la realización de esta investigación.

*“Buscar una Metodología de arquitectura Bioclimática se hace con el fin de facilitar , no solo el análisis de información, como generalmente se hace, sino todo el proceso de diseño, poniendo particular énfasis en las etapas de conceptualización arquitectónica global y de detalle, así como las etapas de valuación de propuestas. Es decir que si bien la metodología de diseño bioclimático tiene una gran carga científica y técnica, no debe dejarse a un lado los aspectos creativos”*⁴⁵

Dentro de la Bibliografía que se revisó para llevar a cabo las mediciones, destacan “Técnicas de observación de la radiación solar”⁴⁶ la cual fue de gran utilidad, ya que en ella se encontró información a cerca de cómo y donde ubicar los aparatos de medición, así como técnicas de observación.

En lo que se refiere a manuales fue de gran utilidad “Manual para el manejo de los piranógrafos y evaluación de radiación”⁴⁷ así como los manuales de los propios instrumentos, los cuales proporcionaron información a cerca del como realizar las mediciones, del mantenimiento y las precauciones de los mismos.

⁴² Olgyay, Víctor. Design with climate. Princeton University Press. New Jersey, 1973.

⁴³ Rodríguez Viqueira, Manuel. Introducción a la Arquitectura Bioclimática. Ed. Limusa. México, 2001.

⁴⁴ Fuentes, Víctor.. “*Metodologías de Diseño Bioclimático*”. en García Ch. José(Comp. Memorias del Seminario Internacional:Hacia una Arquitectura ecológica y sustentable, México D.F. UAM-Azcapotzalco,2000

⁴⁵Fuentes, Víctor. Op. Cit. 2000.

⁴⁶ Mota Ramirez, Arturo, *Técnicas de Observación de la Radiación Solar*. UAM, México, D.F.1999

⁴⁷ Leyva Contreras, Amando. Instructivo para el Manejo de los Piranómetros De tipo Robitszh y Evaluación de la Radiación Solar Global. Instituto de geofísica, UNAM; México, 1999

Para la realización de las simulaciones numéricas se consultó diversa bibliografía siendo de gran importancia para la presente investigación “Control térmico en Edificaciones”⁴⁸, “Heating and Cooling of Buildings”⁴⁹ “Cargas Térmicas en Edificaciones”⁵⁰, “Environmental Science Handbook”⁵¹, así como los apuntes de “Cálculo de Balance Térmico”⁵², debido a que ésta bibliografía muestra diferentes métodos para realizar un Balance Térmico, tomando en cuenta diversos aspectos, los cuales sirvieron para el desarrollo de los modelos de simulación que se llevaron a cabo en la presente investigación.

Cabe destacar que la bibliografía citada en este capítulo, conforma un amplio marco de referencia, indispensable, para llevar a cabo el presente trabajo, ya que toma en cuenta diversos aspectos relacionados con misma, dando como resultado una investigación sólida y sustentable.

⁴⁸ Fuentes Freixanet, Víctor. “*Arquitectura y Energía. Control térmico en edificaciones*”, en Lacomba R. Manual de Arquitectura Solar. Trillas, México, 1991.

⁴⁹ Szokolay, Steve. “*Heating and Cooling of Buildings*”, en Cowen, Henry. Handbook of architectural Technology. Van Nostrend, New York, 1991.

⁵⁰ Sámano T, Diego A y Morales Ramírez, J. Diego. Cargas térmicas en edificaciones, Notas del curso de actualización en energía Solar, UNAM, México, 1986.

⁵¹ Szokolay, Steve. Op. Cit England, 1980.

⁵² Morales Ramírez, J. Diego. *Notas sobre el curso de Calculo de Balance Térmico*, Especialización en Vivienda, UNAM, México, 1994

Antecedentes Históricos

El nombre de **Tecozautla** es de origen náhuatl y antiguamente se escribía Tecozauhtla⁵³, que tiene por raíces: *tetl* “piedra”; *cozauhqui*, “amarillo” y *tla* “lugar de”, es decir “Lugar en donde abunda el ocre amarillo”.

No se tiene noticia exacta de la época en que fue fundada esta población, pero se cree que las migraciones otomíes llegaron a este lugar y fundaron el pueblo con el nombre de Mazobó, “cosecha constante”, pero al sobrevenir la integración del complejo Tolteca, por los años de 671 a 700, tomaron por conquista varios poblados. Entonces, los otomíes de Mazobo como de otros pueblos tuvieron que huir a lugares más protegidos y así los toltecas se apoderaron de estas tierras y las dedicaron al cultivo de hortaliza, actividad que se encontraba en pleno desarrollo. Esta migración probablemente motivó el cambio de nombre a Tecozautla⁵⁴.



⁵³ Cuaderno Municipal, Tecozautla, INEGI

En 1325 los aztecas se posesionaron de varios pueblos ocupados por los toltecas y otomíes, y de manera pacífica los pobladores se sometieron al tributo del gran imperio mexica. Hacia el año 1446 migraciones otomíes regresaron a la región y se apoderaron nuevamente del pueblo y estableciéndose estos nuevos habitantes a orillas del arroyo de Bedejhé, donde, según menciona Manríquez⁵⁵, aún se conserva la casa que habitó el último de sus gobernantes, situada muy cercana a la plaza principal.

Con el propósito de evangelizar al pueblo, fue enviado el primer misionero franciscano Fr. Juan de Sanabria, por el año de 1535. Este misionero fundó el primer convento; y los españoles realizaron la traza de las primeras calles del nuevo pueblo y construyeron habitaciones de bóveda de las cuales aun se conservan algunas.

En el año de 1869, Tecozautla fue elevada a categoría de cabecera de municipio con su mismo nombre⁵⁶.

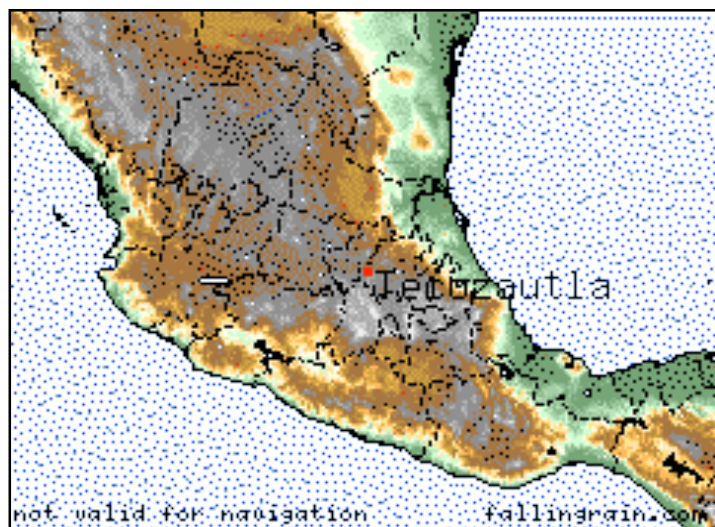


⁵⁴ Manríquez Gomiciaga, Simón. Monografía de Tecozautla, Mexico, 1966

⁵⁵ Manríquez, op. Cit.

⁵⁶ Cuaderno Municipal, Tecozautla, INEGI

El municipio se ubica al oeste del estado de Querétaro, lo que lo convierte en puerta de entrada de esa entidad. Se localiza entre los paralelos 20°32' y 20°12' de latitud norte y 99°38' y 99°37' de longitud oeste, a una altitud de 1,700 msnm⁵⁷.



Limita al norte con el municipio de Zimapán y el estado de Querétaro; al sur con Huichapan; al este con los de Tasquillo y Alfajayucan y al oeste nuevamente con el estado de Querétaro. Los centros más poblados del municipio son la cabecera municipal, cinco cabeceras de subsistemas y 32 localidades menores. Sus principales comunidades son: San Miguel, San Joaquín, Aljibes, el Palmar y Gandho. Ocupa una extensión de 537.83 kilómetros cuadrados⁵⁸.

El clima es templado seco, registra una temperatura media anual de 19.2° C, una precipitación pluvial de 495.4 mm por año y el periodo de lluvias es de Julio a Septiembre⁵⁹.

La cabecera del municipio se encuentra en el fondo de un valle, el cual, de acuerdo a estudios geológicos, se cree que fue el vaso de un antiguo lago desecado en la época Terciaria, como consecuencia de una revolución tectónica. También se ha planteado la hipótesis de que su formación se debió a la erupción de un volcán, cuyo cráter pudo haber estado en la cima del Cerro Colorado. Existe una zona volcánica bien definida, en

⁵⁷ Ibid

⁵⁸ www.edo-hidalgo.gob.mx, 2001

uno de cuyos focos se han perforado pozos que producen vapor seco y agua a una temperatura de 98°C. Anteriormente, dicho vapor se aprovechaba para mover una turbina que generaba corriente eléctrica para el alumbrado del pueblo⁶⁰.

El único río que cruza el municipio es el Tecozautla con un importante afluente que es el río San Francisco, llegando a desembocar al río Moctezuma que sirve de límite político estatal⁶¹. Otro río de importancia que toca al Municipio y sirve de límite en parte con el Estado de Querétaro, toma diferentes nombres en los lugares por donde pasa: Río Charcón, Río Pathé, Río Taxidhó, Río Tecozautla, y al unirse con el Río de Tula y el Amajaque constituyen el Río Moctezuma, origen del Pánuco.⁶²



⁵⁹ Normales Climatológicas, 1951-1980.

⁶⁰ Manríquez Gomiciaga, Simón. Monografía de Tecozautla, Mexico, 1966

⁶¹ Cuaderno Municipal, Tecozautla, INEGI.

⁶² Manríquez, op. Cit.

Las partes Sur y Oeste del Municipio son predominantemente planas. Los cerros más importantes son: San Miguel, Sanabria, Taxbathá, San Antonio y Mercader; éste último formando nuestro límite natural con Tequisquiapan, del Estado de Querétaro. Hay otros cerros menos importantes como: Cerrito Blanco, Cerrito Colorado (ambos de carácter volcánico) La Presa y las mesetas que circundan por el Sur, el Oriente y el Poniente. Los llanos más importantes con que cuenta el Municipio, se localizan al Oeste y están constituidos por Llanos de Pañhé, de Gandhó, de San Antonio, La Ladrillera y Rancho Viejo.

La vegetación nativa está formada por una gran variedad de cactáceas y suculentas entre las que destacan principalmente: nopal, maguey, cactus, biznaga. También abundan los árboles de mezquite. En lo que respecta a la fauna local, ésta se compone de conejo, liebre, ardilla, víbora de cascabel y tigrillo. La producción del Municipio es esencialmente agrícola y frutícola. Se cultiva maíz, frijol, trigo, alfalfa, aguacate, durazno, nuez, granada, chirimoya, zapote, guayaba y los terrenos de llanos son cultivados con alfalfa.⁶³

La población total del municipio es de 30,793 habitantes. Registra una tasa de crecimiento media anual del 2.21 % y tiene una densidad de población de 57.25hab/km². Existe un equilibrio en hombres (14,664) y mujeres (16,129). En cuanto a la distribución de la población, el 81.1 % es rural y el 18.9 es urbana. La población económicamente activa (PEA) es de 6,389 habitantes, cifra que representa el 20.75% de la población. Correspondiendo el 46.76% al sector primario, el 11.61% al secundario y el 40.63% al terciario. Cuenta con una fuerza de trabajo de 10,975 habitantes.⁶⁴

El sector salud ha reforzado la infraestructura de servicio con la construcción y adaptación de unidades de salud de primer nivel, al mismo tiempo se han rehabilitado centros de salud ubicados en la cabecera. El sistema Estatal para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF Estatal), en sus nobles tareas de protección y auxilio maneja programas básicos orientados a menores desamparados, minusválidos

⁶³ Cuaderno Municipal, op. cit.

sin recursos, ancianos desprotegidos y mujeres trabajadoras, través de jefaturas de áreas⁶⁵.

El Municipio cuenta con 6,603 viviendas⁶⁶, existen programas de autoconstrucción y sus construcciones son de piedra, tabique, madera, adobe y embarrado. Existen servicios de agua potable, luz eléctrica y drenaje. La tenencia de la vivienda es en su mayoría de propiedad privada.



Entre sus obras arquitectónicas monumentales se destaca El Torreón del Reloj Público, hecho en cantera rosa, La Parroquia de Santiago Apóstol, la Ex-hacienda de Yextho, y El puente colonial.

⁶⁴ www.edo-hidalgo.gob.mx, 2001

⁶⁵ Cuaderno Municipal, Tecozautla, INEGI

⁶⁶ www.edo-hidalgo.gob.mx, 2001

El municipio cuenta con 86 kilómetros de carretera federal, 33 kilómetros de carretera estatal, 15 kilómetros de vías férreas, camino rural, aeropista, paradero de autobuses y líneas intraurbanas.

En lo relativo a las telecomunicaciones, recibe los servicios de teléfono, telégrafo, correo, señal de radio y televisión.

Dentro de los servicios públicos con los que cuenta el Municipio, son, de agua potable, drenaje, alcantarillado, pavimentación, electrificación, alumbrado público, auditorio, panteón, unidad deportiva y parque público⁶⁷.

Las actividades económicas que destacan son: la agricultura, la ganadería, cría de ganado porcino, caprino, bovino de leche y carne y ovino, la avicultura, cría aves de postura y engorda, así como pavos, la apicultura de la cual se explota miel y cera de abeja, la cunicultura, cría conejo, la pesca, las principales especies explotadas son carpa hervíhora, plateada, espejo, barrigona, bagre y tilapia, la agroindustria, el turismo, cuenta con balnearios de aguas termales, los cuales cuentan con hotel y restaurantes.



⁶⁷ Cuaderno Municipal, Tecozautla, INEGI

Análisis Climático

Para proponer conceptos de Diseño Bioclimático fue necesario primeramente estudiar los aspectos climáticos del lugar de estudio, y se comenzó por definir el clima, que es el conjunto de los distintos estados atmosféricos que suelen producirse a lo largo del año en un territorio y que lo caracterizan.⁶⁸

“El clima es uno de los factores más importantes en el diseño. De las condiciones atmosféricas de un lugar depende que la arquitectura sea de muros pesados o ligeros, de cubiertas inclinadas o planas, de color oscuro o claro, con grandes vanos o pequeñas ventanas, etcétera donde la edificación será un elemento protector y regulador que rechace o transforme la acción de los elementos ambientales naturales del lugar.”⁶⁹

Para la realización del análisis climático de Tecozautla, se tomaron en cuenta los principales factores climáticos —condiciones físicas que identifican a una región o lugar en particular y determinan su clima—

- **Latitud:** Es la distancia angular de un punto sobre la superficie terrestre al ecuador; se mide en grados, minutos y segundos. La importancia de éste factor de clima es que determina la incidencia de los rayos solares sobre la tierra en un punto determinado, también determina la temperatura, por lo tanto define los factores térmicos que condicionan la forma, color, textura, proporción y relación entre vanos y macizos de la arquitectura. La relación directa que existe entre la latitud y la trayectoria solar se considera un factor primordial para el asoleamiento de los muros, ventanas y cubiertas.⁷⁰
- **Altitud:** Es la distancia vertical de un plano horizontal hasta el nivel del mar; se mide en metros sobre el nivel del mar (msnm). El clima de un lugar es

⁶⁸ Diccionario Enciclopédico Grijalbo, Ediciones Grijalbo, S.A., 1993, España. P.440.

⁶⁹ Rodríguez Viquera, Manuel. Introducción a la Arquitectura Bioclimática. Ed. Limusa 2001. México.

⁷⁰ Rodríguez, Op. Cit

determinado por este factor, debido a que al aumentar la altitud disminuye la temperatura de la atmósfera, es un factor fundamental para el diseño principalmente de las cubiertas.

- **Relieve:** Es la configuración superficial de la tierra. Este es otro factor clave para el clima, ya que determina las corrientes de aire, la insolación del lugar, su vegetación el contenido de humedad del aire, etcétera.

El Análisis climático se realizó desde diferentes perspectivas, por lo cual fue necesario realizar diversos tipos de análisis: anual, mensual, paramétrico, y de geometría solar. Para la realización de éstos se tomaron en cuenta los elementos del clima —propiedades físicas de la atmósfera— dentro de los más importantes para el análisis en el proceso de diseño arquitectónico son: temperatura, humedad, precipitación, viento, presión atmosférica, nubosidad, radiación, visibilidad y fenómenos especiales.

Debido a que Tecozautla cuenta solamente con una estación climatológica y no existen un observatorio, fue necesario estimar algunos datos faltantes, como los de Humedad Media, Máxima y Mínima⁷¹, Radiación Solar Total, Directa y Difusa,⁷² así como los datos de Temperatura de Bulbo Húmedo, Tensión de vapor, Presión media y Radiación.⁷³ Respecto a los datos de dirección y velocidad del viento, se trabajó con los de Querétaro,⁷⁴ debido a ser la región con latitud y altitud más cercana que cuenta con condiciones climáticas muy similares a las de Tecozautla.

⁷¹ Tejeda, Adalberto. “Estimación de humedades relativas horarias medias mensuales a partir de medias extremas.” Universidad de Xalapa, Ver.

⁷² Fernández Z. José Luis. Cálculo de la Radiación Solar Instantánea en la República Mexicana, Instituto de Ingeniería, UNAM, México.

⁷³ Fuentes Freixanet, Víctor Armando, Metodología de Diseño Bioclimático, UAM, México, 2002.

*Tabla. 1. Datos Horarios de
Temperatura y Humedad⁷⁵*

Temperatura.

⁷⁴ Atlas del Agua

⁷⁵ Fuentes Freixanet, Víctor y Figueroa Castrejón, Aníbal.

De acuerdo a la Tabla de datos horarios de Temperatura y Humedad (tabla 1) únicamente el 24% del año se encuentra entre los 21.1°C. y 26.1°C. (fig. 8), que se considera la zona de confort, misma que se calculó con las siguientes ecuaciones⁷⁶:

$$T_n = 17.6 + (0.31 * T_{med})$$

Donde:

T_n Temperatura neutra

T_{med} Temperatura media anual

ZC Zona de Confort

Fig. 7 Ecuación para determinar

Zona de Confort

$$ZC = T_n \pm 2.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El 56% se encuentra por debajo de estos rangos, presentándose la mínima temperatura de 4.7°C., a las 6:00 hrs. en el mes de Enero y el 20% sobrepasa la zona de confort, alcanzando la máxima temperatura de 32.7°C. a las 15:00 hrs. del mes de Mayo.

Fig. 8. Gráfica de porcentajes de temperaturas

⁷⁶ Apuntes del Seminario de Arquitectura Bioclimática, Fuentes Freixanet Víctor.

Las temperaturas por debajo de la zona de confort, se presentan generalmente a partir de las 23:00 hrs. y hasta las 10:00 hrs. de la mañana, siendo las más bajas a las 6:00 hrs. en las mañanas de los meses de Diciembre, Enero y Febrero, registrando las temperaturas más altas, sobrepasando la zona de confort a partir de las 13:00 hrs. a las 19:00 hrs. de los meses de Marzo a Septiembre.

Humedad.

La relación —expresada en porcentaje— de humedad que contiene el aire y la cantidad de agua necesaria para saturar éste a una misma temperatura es la humedad relativa. La zona de confort de la humedad se consideró entre 30% y 70%. De acuerdo a la Tabla de datos Horarios de Temperatura y Humedad (Tabla.1) el 70% de los días del año se encuentran en confort, el 25% de los días del año se encuentran dentro de la zona húmeda, y el resto que es el 5% se considera seco.

Las horas en que se presenta la mayor humedad generalmente son entre las 3:00 hrs. y las 8:00 hrs. de los meses de Mayo a Diciembre.

En los meses de Febrero a Abril entre las 14:00 hrs. a las 17:00 hrs, la humedad que se registra es menor a 30%. Esto quiere decir, que esa es la época más seca.

Fig.9 Gráfica de porcentaje de humedad

Rangos de Temperatura

Rangos de Humedad

Frecuencia y Fuerza del Viento

Tabla 4. Frecuencia y Fuerza del Viento⁷⁷

⁷⁷ Querétaro, Qro. 1951-1970. Atlas del Agua.

Tabla 5. Estimación de Humedades Relativas Horarias Medias Mensuales a partir de Medias Extremas⁷⁸

⁷⁸ Tejeda, Adalbeto, Universidad de Xalapa, Ver.

Tabla 6. Parámetros Climáticos⁷⁹

⁷⁹ Fuentes Freixanet, Víctor, Figueroa Castrejón, Aníbal.

Fig. 12. Gráficas Climáticas Tecozautla, Hgo. 1951-1980

Fig. 13 Gráfica Anual de Temperatura

Temperatura

La temperatura máxima que se registra en los meses de Febrero a Octubre, es superior a la temperatura de confort, observándose en la gráfica (fig.13) dos curvas, una más pronunciada de los meses de Febrero a Julio, alcanzando la cúspide en el mes de Mayo con una temperatura máxima de 32.7° C., siendo éste el mes más caluroso. Los meses de Noviembre, Diciembre y Enero se encuentran en confort, por las tardes (15:00 hrs.).

En lo que se refiere a su temperatura media los meses que se encuentran en confort son Abril, Mayo, Junio y Agosto, con temperaturas medias de 21.2 °C. a 22.7 ° C. Los meses restantes se encuentran por debajo de la zona de confort con temperaturas de 14.9 °C. a 21.0 °C., presentándose ésta última en el mes de Enero.

Todo el año por las mañanas las temperaturas se encuentran por debajo de la zona de confort siendo las menos frías en los meses de Junio a Septiembre con temperaturas mínimas entre 13.1 °C. a 13.8 °C.

El mes que registra la temperatura más baja es Enero, con una temperatura mínima de 4.7 °C.

Durante todo el año, se presentan grandes oscilaciones de temperatura, siendo las mayores oscilaciones en los meses de Enero a Mayo, que varía entre 19.9 °C. Y 22.5 °C. Presentándose esta última en Febrero.

La menor oscilación de temperatura, de 14.7 °C. se presenta en el mes de Julio.

Fig. 14 Gráfica Anual de Precipitación

Humedad

Se puede observar en la gráfica anual de precipitación (fig. 14), que la Humedad Relativa Máxima en todos los meses del año se encuentra por arriba de la zona de confort, variando de 71% a 85% presentándose esta última en el mes de Julio. Todos los meses del año se encuentran en confort higrotérmico, considerando el rango de confort higrométrico entre 30% y 70%.

En lo que se refiere a la Humedad Relativa Mínima, de Enero a Mayo, se encuentran por debajo de la zona de confort, siendo el mes más seco Febrero con una Humedad relativa mínima de 24%.

Fig. 57 Gráfica Anual de Precipitación / Evaporación

Precipitación

El agua procedente de la atmósfera que, en forma sólida o líquida, se deposita sobre la superficie de la tierra. La Precipitación puede ser sensible o insensible, ya sea que tenga forma de lluvia, granizo, llovizna, nieve o rocío, bruma o niebla.

La forma más común es de precipitación es la pluvial, la cual llega a la superficie por medio de gotas.

Debido a que la Precipitación Total Anual de 495.4 mm, se encuentra debajo de los límites de 650 mm, se considera un clima seco de acuerdo al Sistema de Agrupación bioclimática de ciudades⁸⁰

⁸⁰ Fuentes, Víctor y figueroa, Anibal. "Criterios de Adecuación Bioclimática en la Arquitectura. IMSS N°7300, México, D.F. 1990.

En la gráfica anual de la precipitación / evaporación (fig.15), se observa que los meses con mayor precipitación son de Junio a Septiembre, notándose la presencia de canícula en el mes de Agosto y siendo registrada la mayor precipitación, de 95.3 mm, en el mes de Junio. En los meses de Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero y Marzo, la precipitación es muy escasa, siendo la mínima en Febrero, con una precipitación de 1.6 mm.

Fig. 16 Gráfica Anual de Índice Ombrotérmico

Índice Ombrotérmico

En la gráfica anual de Índice Ombrotérmico (fig. 16) se aprecia que la línea de precipitación sobrepasa la línea de temperatura media en los meses de Junio a Septiembre, por lo que estos se consideran meses húmedos, siendo el primero el más húmedo del año y los nueve meses restantes son secos, lo que nos indica que es un Clima Seco.

Fig.17 Gráfica de Días Grado.

Días Grado

Los Días Grado no son elementos del clima que se calculen y se registren en un observatorio o en una estación meteorológica; sin embargo, con fines arquitectónicos y de diseño resulta importante incluir su cálculo en los elementos del clima, ya que estos valores determinan de manera simple los requerimientos de calentamiento o enfriamiento de una localidad en forma mensual o anual, tomando como parámetro el confort o bienestar del ser humano en relación con la temperatura media del sitio y el aclimatamiento del hombre, al vivir por un periodo de cinco años aproximadamente en el sitio de estudio.⁸¹

⁸¹ Rodríguez Viquiera, Manuel. Op. Cit. 2001

Para poder determinar los requerimientos de calentamiento, el bienestar del hombre o los requerimientos de enfriamiento se utiliza en el ámbito universal los siguientes rangos de temperatura:

La temperatura de confort universal propuesta por los hermanos Olgyay⁸² se encuentra es de los 18°C en el nivel inferior hasta los 26°C. También se pueden realizar el análisis de los días grado de manera local, de acuerdo a la ecuación propuesta por Szokolay y Aluciens,⁸³ (fig.7), determinando la Zona de Confort Térmico de un sitio en particular.

En lo que se refiere a los Días Grado Generales se observa en la gráfica (fig.17) que la temperatura media en los meses de Marzo a Octubre, entra dentro de los 18°C y 26°C, por lo que en esos meses no se requiere ni de enfriamiento ni de calentamiento, a diferencia de los meses de Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero, que sí requieren calentamiento.

En lo que se refiere a los Días Grado Locales, los meses de Abril, Mayo, Junio y Agosto, se encuentran en confort, requiriendo calentamiento el resto del año, principalmente los meses de Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero.

Radiación

La Radiación Global es la cantidad total de energía solar que alcanza una fracción de superficie terrestre en un plano horizontal, y se mide en W/m^2 . A la Radiación Global la conforman dos tipos de radiación, la Radiación Directa (I) y la Radiación Celeste (D)

La cantidad de radiación solar depende de la constante solar, de la altitud de la localidad, del periodo estacional, de las partículas en suspensión en la atmósfera, del albedo de la superficie terrestre y del clima.

⁸² Víctor Olgyay, Op. 1973

⁸³ Steve Szokolay, Op. 1980

En lo que se refiere a la Radiación Difusa o Celeste, se aprecia en la gráfica de Radiación (fig. 18) que es muy constante a 200 w/m^2 casi todo el año, encontrándose por debajo de ese rango los meses de Enero, Febrero y Mayo. Presentándose en estos últimos dos meses las menores con 150 w/m^2 y las mayores en Diciembre y Abril con 250 w/m^2

La Radiación Máxima Directa se encuentra constante la mayor parte del año alrededor de los 500 w/m^2 .

Se pueden observar dos cúspides en los meses de Mayo y Julio en que la Radiación Máxima Directa asciende a 550 w/m^2 disminuyendo notablemente en los meses de Noviembre y Diciembre, presentándose una Radiación Máxima Directa de 450 w/m^2 y 400 w/m^2 respectivamente.

La Radiación Máxima Total oscila entre los 650 w/m^2 y 750 w/m^2 presentándose en Abril y Julio, la mínima en Febrero y Diciembre, siendo el promedio anual de 692.5 w/m^2 .

Fig. 18 Gráfica Anual de Radiación

Fig. 19 Gráfica de Anual Nubosidad

Nubosidad

La Nubosidad se forma por un grupo de pequeñas partículas de agua líquida o hielo suspendidas en la atmósfera en forma de masa. La Nubosidad es un factor de diseño importante, debido a que puede llegar a bloquear el paso de los rayos solares que inciden en las superficies.

Como se observa en la gráfica anual de Nubosidad (fig.19), más del 50 % de los días del año, son despejados, principalmente entre los meses de Febrero a Mayo, siendo Abril y Mayo los meses con más días despejados, el 79% y 80% de sus días, respectivamente.

Los días medio nublados, representan un 20 % de los días del año.

A pesar de que Abril y Mayo son los meses que cuentan con mayor número de días despejados, también son los meses que cuentan con mayor número de días

nublados, sin embargo esto no es significativo, debido a que únicamente el 22 % de los días del año son nublados.

Fig. 20 Gráfica de Anual Viento

Viento

El viento se forma por corrientes de aire producidas en la atmósfera por causas naturales, Se mide en la horizontal. Las características del viento que se toman en cuenta, son: la dirección del viento, es decir la orientación por donde llega viento, la velocidad o fuerza, la cual se mide en m/s, y la frecuencia, que es la cantidad de veces que se presenta el viento en cada dirección, la cual se registra en porcentaje mensual.

En la gráfica anual de Viento (fig.20) se observa que la dirección de los vientos dominantes es NE, con una velocidad media de 2.5 m/s, registrándose la menor

velocidad en Agosto, 2.0 m/s. siendo este superior al límite de confort, 1.5 m/s, para espacios interiores.

En cuanto a las velocidades máximas se registraron en Febrero con una velocidad máxima de 3.4 m/s.

Geometría Solar

El Sol es un factor de gran importancia debe ser tomado en cuenta para el diseño arquitectónico, debido a que es una fuente de energía, térmica, es indispensable la realización de estudio de la trayectoria solar, porque de ello dependen en gran medida el confort de una construcción, debido a la buena elección de la orientación de la misma, ya que en ciertos momentos se requiere aprovechar calentamiento solar, y otros es necesario bloquear el paso de los rayos solares, como estrategia de control térmico.

En muchas zonas de la antigua Grecia el uso de la energía solar como ayuda al calentamiento de la casa constituyó una respuesta positiva a la escasez energética. Los griegos aprendieron a construir sus casas para beneficiarse de los rayos solares en los moderados fríos inviernos y evitar el calor del sol en los cálidos veranos. Y así nació en Occidente la arquitectura solar, o el diseño de los edificios en orden de mejorar su aprovechamiento solar.⁸⁴

De los diversos métodos gráficos existentes para la determinar y analizar la trayectoria solar en las edificaciones y espacios abiertos, se utilizaron tanto la proyección ortogonal y como la proyección estereográfica, para realizar el análisis

La proyección ortogonal (fig. 21) es la representación de la bóveda celeste y la ruta del Sol en montea biplanar. En esta proyección se localizar fácilmente la

⁸⁴ Ken Butti. Un Hilo Dorado. Herman Blume, 1985. España.

Fig. 21 Proyección Ortogonal de Tecozautla, Hgo.

posición del sol, en cualquier lugar, hora y día del año. Para efectos prácticos se sugiere trazar la proyección ortogonal de la bóveda celeste que contiene las horas a cada 15 grados y los meses de acuerdo con las declinaciones correspondientes, ya sea en el plano vertical o en el horizontal, con lo que se puede localizar cualquier hora-día-mes. Con el rayo solar correspondiente se determinan los valores de los ángulos de altitud y acimut, referidos a la proyección vertical y horizontal.

La lectura del acimut se lleva a cabo directamente en la proyección horizontal, sin embargo, para obtener la lectura correcta del ángulo de altitud en la proyección vertical, es necesario hacer un giro del rayo solar, para que se pueda tener y calcular en su verdadera forma y magnitud.⁸⁵

Fig. 22 Proyección Ortogonal en planta de Tecozautla, Hgo.

⁸⁵ García Chavez, J.Roberto. “*Geometría Solar*” en Manual de Arquitectura Solar, Ed. Trillas, México 1991.

La proyección estereográfica (fig. 23 y fig. 24) es un método en el cual se representan en un solo plano las coordenadas solares. Esta proyección, que es una representación de la trayectoria solar basada en la proyección ortogonal, consiste en transportar la ruta del Sol sobre la bóveda celeste, en un plano horizontal. El procedimiento de su trazo consiste en proyectar cada punto hacia el nadir de la esfera celeste donde se cruzan las líneas de proyección con el plano horizontal; ahí quedarán ubicadas las proyecciones estereográficas de éstos puntos. La mayor ventaja que ofrece este método es que no se produce la distorsión en las orillas de la gráfica, como sucede en el caso de la proyección ortogonal, debido a que es una representación plana de la trayectoria solar. Por lo tanto, la lectura de los ángulos solares se facilita ya que se encuentran concentrados en una misma gráfica. Este método de proyecciones es el más recomendable y es muy útil para el análisis diseño y evaluación de dispositivos de control solar en edificaciones.⁸⁶

La Mascarilla de Sombreado (fig. 25) es un diagrama que permite determinar las áreas de sombra producidas por cualquier objeto dentro de la bóveda celeste. Este diagrama se obtiene a partir de un semicírculo y de líneas curvas convergentes a los extremos del eje principal, estas líneas resultan de dividir la bóveda celeste con planos inclinados a cada diez grados de altura a partir del plano horizontal. Este diagrama se superpone a la gráfica estereográfica de tal manera que la mascarilla de sombreado se forma con las líneas de intersección de la bóveda con los planos de la gráfica estereográfica.

Los ángulos de acimut de los objetos que producen las sombras se determinan en las líneas rectas radiales, dentro del semicírculo, mientras que los ángulos de altura de estos objetos obstructores se determinan en las líneas curvas convergentes.

⁸⁶ García Chávez, J.Roberto. Op. Cit. México, 1991.

Fig. 23 Proyección Estereográfica Primer Semestre

Fig. 24 Proyección Estereográfica Segundo Semestre

Al sobreponer la mascarilla de sombreado a los diagramas solares, se puede determinar gráficamente las horas-día-mes en que se recibe la radiación solar incidente sobre una fachada. Si esta fachada tiene un dispositivo de control solar, también se puede evaluar el grado de protección que ofrece al edificio.⁸⁷

Fig. 25 Mascarilla de Sombras

⁸⁷ García Chávez, J. Roberto. Op. Cit. México, 1991.

Carta Bioclimática.

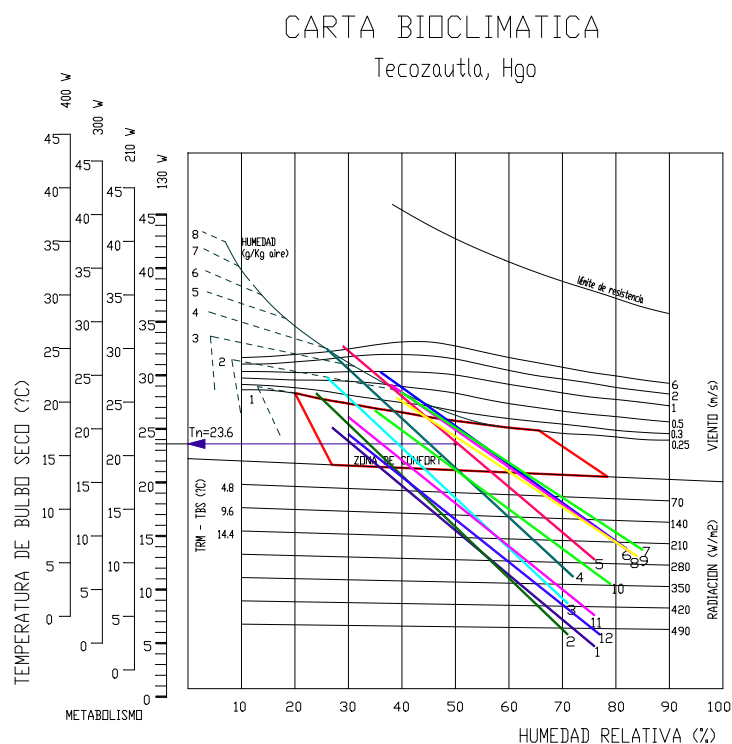


Fig. 26. Carta Bioclimática de Tecoztla, Hgo.

La carta bioclimática define cuatro estrategias básicas de diseño:

Mes		TOTAL		Ventilación		Humidificación		CONFORT		Calentamiento	
		longitud	%	longitud	%	longitud	%	longitud	%	longitud	%
Enero	1	8.50	100	0.00	0	0.00	0	1.50	18	7.00	82
Febrero	2	8.70	100	0.00	0	0.20	2	2.50	29	6.00	69
Marzo	3	8.30	100	0.00	0	1.00	12	2.30	28	5.00	60
Abril	4	8.50	100	1.40	16	1.00	12	2.30	27	3.80	45
Mayo	5	8.30	100	1.30	16	1.50	18	2.10	25	3.40	41
Junio	6	7.50	100	2.20	29	0.00	0	2.20	29	3.10	41
Julio	7	7.20	100	1.30	18	0.00	0	2.40	33	3.50	49
Agosto	8	7.40	100	1.50	20	0.00	0	2.40	32	3.50	47
Septiembre	9	7.30	100	0.90	12	0.00	0	2.50	34	3.90	53
Octubre	10	7.40	100	0.00	0	0.00	0	2.50	34	4.90	66
Noviembre	11	7.90	100	0.00	0	0.00	0	2.00	25	5.90	75
Diciembre	12	8.10	100	0.00	0	0.00	0	1.30	16	6.80	84
		7.93	100	0.72	9	0.31	4	2.17	27	4.73	60

Tabla 7. Porcentajes de Estrategias de diseño para Tecoztla, Hgo. de la Carta Bioclimática.

El 60% del año requiere de calentamiento, de acuerdo a la Carta Bioclimática.

Unicamente el 27% de los días del año se encuentran en confort, se requiere un 13% de ventilación alternándola con humidificación de un 4%.

Enero: Requiere de calentamiento en un 82% ya que el 18% se encuentra en confort.

Febrero: Requiere de calentamiento en un 69%, 2% de humidificación, ya que el 29% se encuentra en confort.

Marzo: Requiere de calentamiento en un 60%, 12% de humidificación ya que el 28% se encuentra en confort.

Abril: Requiere de calentamiento en un 45%, 12% de humidificación, 16% de ventilación, ya que el 27% se encuentra en confort

Mayo: Requiere de calentamiento en un 41%, el 16% de ventilación, 18% de ventilación y humidificación, ya que el 25% se encuentra en confort.

Junio: Requiere de calentamiento en un 41%, 29% de ventilación, ya que el 29% se encuentra en confort.

Julio: Requiere de calentamiento en un 49%, 18% de ventilación, ya que el 33% se encuentra en confort.

Agosto: Requiere de calentamiento en un 47%, 20% de ventilación, ya que el 32% se encuentra en confort

Septiembre: Requiere de calentamiento en un 53%, 12% de ventilación, ya que el 34% se encuentra en confort.

Octubre: Requiere de calentamiento en un 66%, ya que el 34% se encuentra en confort.

Noviembre: Requiere de calentamiento en un 75% ya que el 25% se encuentra en confort.

Diciembre: Requiere de calentamiento en un 84%, ya que el 16% se encuentra en confort.

Carta Psicrométrica.

A partir de la Carta psicrométrica, se definieron los requerimientos de las diferentes estrategias de diseño, como son: Calentamiento Solar Pasivo, Masa Térmica, Masa Térmica con Ventilación Nocturna, Calentamiento Solar Activo.

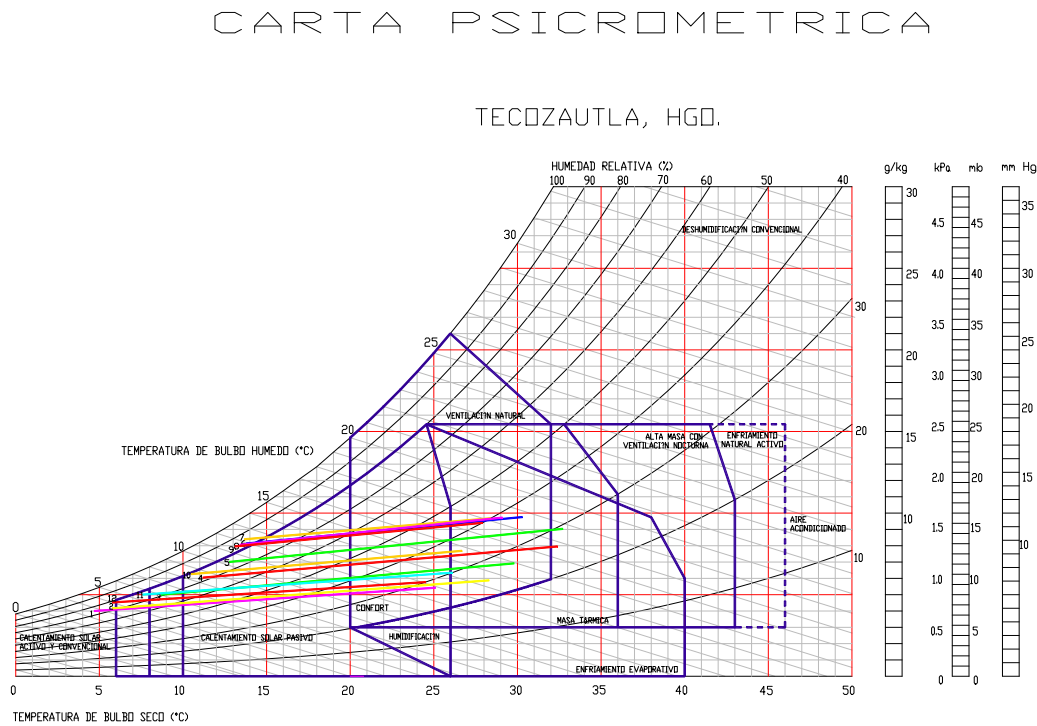


Fig. 29. Carta Psicrométrica de Tecoztla, Hgo.

Mes	TOTAL	Calentamiento Solar Pasivo	Confort	Masa Térmica	Masa Térmica Vent.Nocturna	Calentamiento Solar Activo
-----	-------	----------------------------	---------	--------------	----------------------------	----------------------------

		longitud	%	longitud	%	Longitud	%	longitud	%	longitud	%	longitud	%
Enero	1	20.30	100	14.00	69	5.00	25	0.00	0	0.00	0	1.30	6
Febrero	2	22.60	100	14.00	62	6.10	27	2.30	10	0.00	0	0.20	1
Marzo	3	21.20	100	11.30	53	6.10	29	3.80	18	0.00	0	0.00	0
Abril	4	21.30	100	8.80	41	6.10	29	6.00	28	0.40	2	0.00	0
Mayo	5	20.00	100	7.20	36	6.10	31	6.00	30	0.70	4	0.00	0
Junio	6	16.60	100	6.20	37	6.10	37	4.30	26	0.00	0	0.00	0
Julio	7	14.80	100	6.30	43	6.10	41	2.40	16	0.00	0	0.00	0
Agosto	8	15.70	100	6.60	42	6.10	39	3.00	19	0.00	0	0.00	0
Septiembre	9	14.90	100	6.90	46	6.20	42	1.80	12	0.00	0	0.00	0
Octubre	10	16.40	100	9.60	59	6.10	37	0.70	4	0.00	0	0.00	0
Noviembre	11	18.50	100	12.40	67	6.10	33	0.00	0	0.00	0	0.00	0
Diciembre	12	18.70	100	14.00	75	4.50	24	0.00	0	0.00	0	0.20	1
		18.42	100	9.78	53	5.88	32	2.53	14	0.09	0	0.14	1

Tabla 8. Porcentajes de Estrategias de diseño para Tecozautla, Hgo. de la Carta Psicrométrica.

Fig. 30. Gráfico de las Estrategias de Diseño de acuerdo a la Carta Psicrométrica

Fig. 31. Gráfico de las Estrategias de Diseño mensuales. Carta Psicrométrica

El 53% del año requiere de calentamiento solar pasivo, de acuerdo a la Carta Psicrométrica, únicamente el 32% de los días del año se encuentran en confort, se requiere un 1% de calentamiento solar activo y el 14% de masa térmica.

Enero: Requiere de calentamiento solar pasivo en un 69%, un 6% de calentamiento solar activo, ya que el 25% se encuentra en confort.

Febrero: Requiere de calentamiento solar pasivo en un 62%, un 1% de calentamiento solar activo, con una masa térmica de 10%, ya que el 27% se encuentra en confort.

Marzo: Requiere de calentamiento solar pasivo en un 53%, una masa térmica de 18%, ya que el 29% se encuentra en confort.

Abril: Requiere de calentamiento solar pasivo en un 42%, una masa térmica de 29%, ya que el 29% se encuentra en confort.

Mayo: Requiere de calentamiento solar pasivo en un 37%, una masa térmica de 31%. ya que el 32% se encuentra en confort.

Junio: Requiere de calentamiento solar pasivo en un 37%, una masa térmica de 26%, ya que el 37% se encuentra en confort.

Julio: Requiere de calentamiento solar pasivo en un 43% una masa térmica de 16%, ya que el 41% se encuentra en confort.

Agosto: Requiere de calentamiento solar pasivo en un 42% una masa térmica de 19%, ya que el 39% se encuentra en confort.

Septiembre: Requiere de calentamiento solar pasivo en un 46% una masa térmica de 12%, ya que el 42% se encuentra en confort.

Octubre: Requiere de calentamiento solar pasivo en un 59% una masa térmica de 4%, ya que el 37% se encuentra en confort.

Noviembre: Requiere de calentamiento solar pasivo en un 67%, ya que el 33% se encuentra en confort.

Diciembre: Requiere de calentamiento solar pasivo en un 75% ya que el 24% se encuentra en confort

Carta Psicrométrica. Metabolismo y Arropamiento.

CARTA PSICROMETRICA

TECOZAUTLA, HGO.

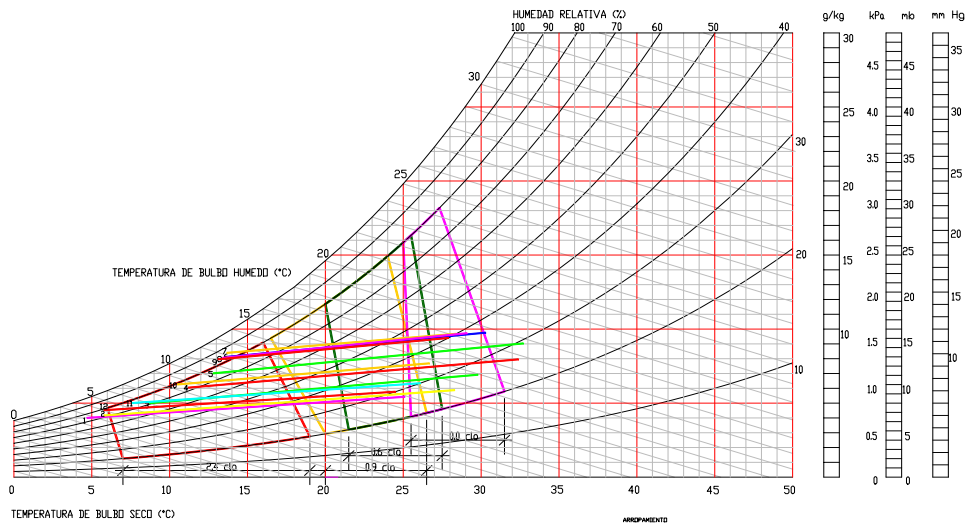


Fig. 32. Carta Psicrométrica de Tecoztla, Hgo Arropamiento.

CARTA PSICROMETRICA

TECOZAUTLA, HGO.

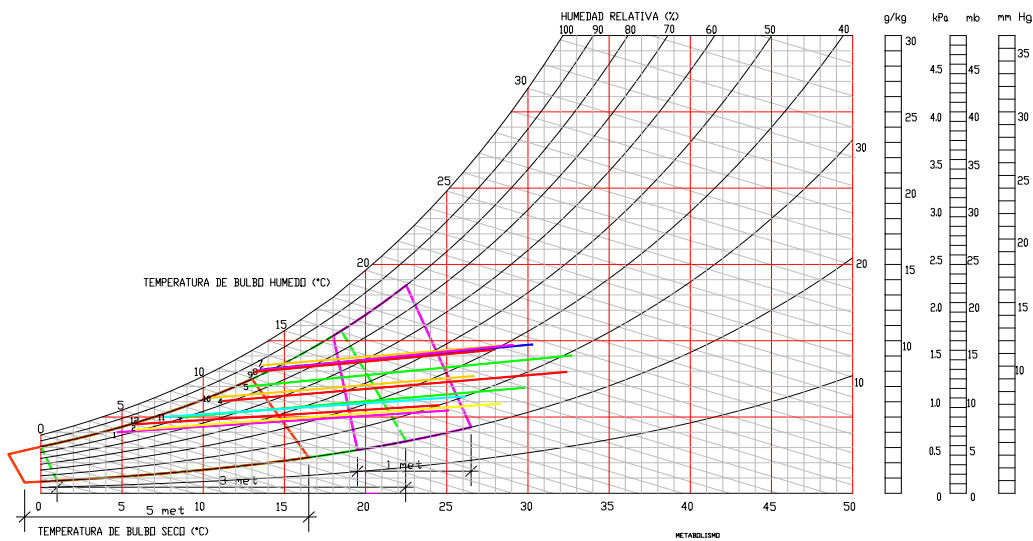


Fig. 33. Carta Psicrométrica de Tecoztla, Hgo Metabolismo.

Mes		T O T A L		Metabolismo 5		Metabolismo 3		Metabolismo 1	
		Longitud	%	longitud	%	longitud	%	longitud	%
Enero	1	20.30	100	10.32	51	4.07	20	5.91	29
Febrero	2	22.60	100	8.82	39	4.02	18	9.76	43
Marzo	3	21.20	100	5.69	27	4.76	22	10.75	51
Abril	4	21.30	100	2.63	12	4.91	23	13.76	65
Mayo	5	20.00	100	0.50	3	5.28	26	14.22	71
Junio	6	16.60	100	0.00	0	4.68	28	11.92	72
Julio	7	14.80	100	0.00	0	3.35	23	11.45	77
Agosto	8	15.70	100	0.00	0	5.16	33	10.54	67
Septiembre	9	14.90	100	0.00	0	5.28	35	9.62	65
Octubre	10	16.40	100	3.18	19	5.02	31	8.20	50
Noviembre	11	18.50	100	6.79	37	4.67	25	7.04	38
Diciembre	12	18.70	100	8.84	47	4.45	24	5.41	29
		18.42	100	3.90	21	4.64	25	9.88	54

Tabla 9. Porcentajes de Estrategias de diseño para Tecozautla, Hgo. de la Carta Psicrométrica de Metabolismo

Fig. 34. Gráfico de las Estrategias de Diseño de acuerdo a la Carta Psicrométrica de Arropamiento.

Triángulo de Confort de Evans.

A partir de las temperaturas medias de cada mes y sus oscilaciones se definieron estrategias de diseño bioclimático de acuerdo a las zonas de estrategias establecidas en el diagrama, las cuales son: Masa Térmica y Ganancia Solar, Masa Térmica, Ventilación, Enfriamiento y Ventilación Selectiva, Ganancia Solar y Ganancias Internas.

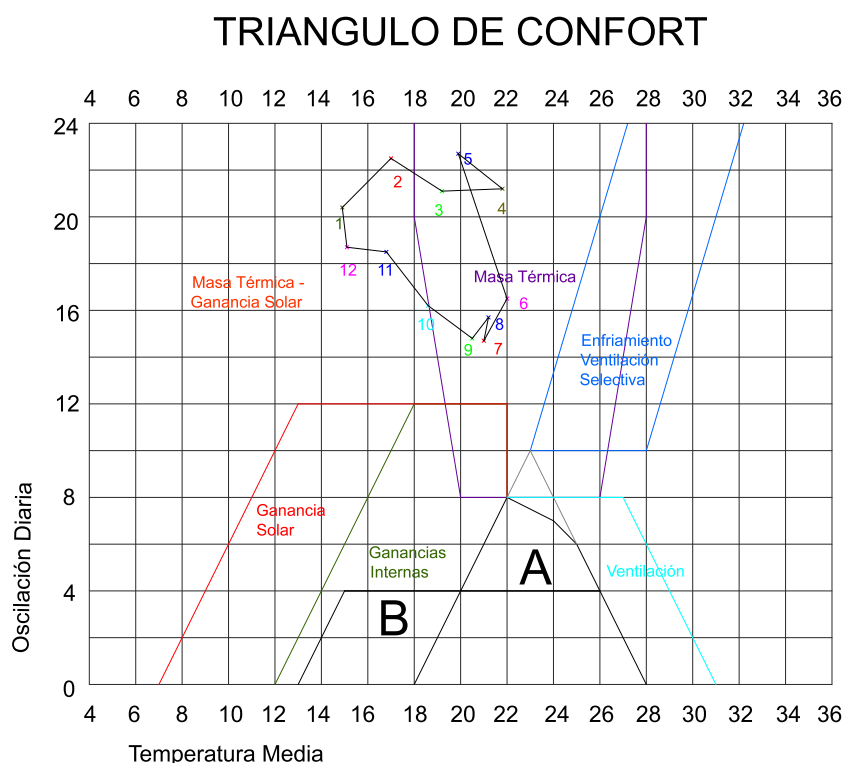


Fig. 35. Triángulo de Confort de Evans. Estrategias Bioclimáticas.

La Masa Térmica y Ganancia Solar por medio de Masa Térmica es la Estrategia Bioclimática Principal de acuerdo la zona en donde se encuentran los puntos graficados en el Triángulo de Confort de Evans, con relación a la temperatura media y la oscilación de Tecozautla.

Análisis de Mahoney.

Con respecto a la Temperatura, Humedad, precipitación y Oscilación Térmica, se definieron estrategias generales de diseño generales de acuerdo a las tablas de Mahoney.

Tabla 10. Tabla de Análisis de Mahoney

Tabla 11. Tabla 1 de Análisis de Mahoney. Grados de Humedad.

Tabla 12. Tabla 2 Límites de Confort, Según Mahoney.

Tabla 13. Tabla 3 Indicadores para el Diagnóstico, Análisis de Mahoney.

Tabla 14. Indicadores de Mahoney. Análisis de Mahoney.

Las estrategias generales a seguir de acuerdo al Análisis de las Tablas de Mahoney son las siguientes:

- Distribución: Concepto de patio Compacto
- Espaciamiento: Configuración Compacta
- Ventilación: No requerida
- Tamaño de aberturas: Muy pequeñas: 10-20%
- Protección de las aberturas: Sombreado Total y Permanente.
- Muros, Pisos y Techumbre: Masivos, Arriba de 8 hrs. de Retardo Térmico.

Como se puede apreciar la estrategia principal es la masividad e inercia térmica, como en los análisis previos.

Fig. 36. Nomograma de Temperatura Efectiva Corregida. Temperatura Media.

Fig. 37. Nomograma de Temperatura Efectiva Corregida. Temperatura Máxima.
Análisis Climatológico Anual.

Enero.

Es el mes más frío, con una temperatura mínima de 4.7°C., se encuentra en confort de las 13:00 hrs. a las 19:00 hrs., es un mes con gran oscilación térmica de 20.4 °C., es húmedo por las mañanas y seco por las tardes, su humedad relativa media se encuentra en la zona de confort, de acuerdo a la gráfica de índice ombrotérmico, se considera un mes seco, debido a que la poca precipitación, con mayores días de helada el 23% del mes, contando con 18 días despejados y requiere de calentamiento la mayor parte del mes, el calentamiento solar pasivo es de 69% y el calentamiento solar activo de 6%.

Febrero.

Es el segundo mes más frío junto con Diciembre, con una temperatura media de 17°C. y una mínima de 5.8°C. es también el mes con la mayor oscilación térmica de 22.5°C., es húmedo por las mañanas y seco por las tardes, es el mes más seco con una humedad relativa media de 47% registrándose la mínima de 24% a las 15:00 hrs. Este mes registra la menor precipitación de 1.6 mm.

La mayoría de sus días, el 74%, son despejados contando con el 17% de días del mes de heladas, cuenta con la menor radiación difusa y total 150w/m² y 650w/m² respectivamente y presenta la mayor velocidad de viento, 3.4 m/s con dirección NE. Requiere calentamiento solar pasivo, un 62% del mes, ventilación un 2% y masa térmica un 10%.

Marzo.

Es un mes frío en las mañanas y en las noches, pero caluroso durante el día, su temperatura media 19.2 °C. se encuentra por debajo de la zona de confort, es un mes con gran oscilación térmica de 21.1°C, cuenta con una humedad relativa máxima de 49% , es el segundo mes más seco junto con Abril con una humedad relativa mínima de 26% y una precipitación media de 6.8 mm. Presenta el 73% de días despejados.

Requiere calentamiento solar pasivo de un 53%, ventilación un 12% y masa térmica de un 18%.

Abril.

La temperatura media de este mes es de 21.8°C . encontrándose ésta dentro de la zona de confort, sin embargo su temperatura máxima de 32.4 sobrepasa los límites de confort, es el segundo mes más caluroso después de Mayo, con una gran oscilación térmica de 21.2°C. En este mes se registró la temperatura máxima extrema de 40.2°C.

Cuenta con una humedad relativa media de 49% estando ésta dentro de los rangos de confort a pesar de que empieza a incrementar la precipitación a 25.5mm., notándose la presencia de tormentas eléctricas. De acuerdo a la gráfica de Índice Ombrotérmico de Temperatura es el 2º mes más seco junto con Marzo.

Un 80% del mes cuenta con días despejados, la mayor radiación difusa es de 2550w/m² al igual que Diciembre, y la mayor radiación total de 750w/m² junto con Julio.

De acuerdo a la gráfica de Días Grado, este mes no requiere ni enfriamiento ni calentamiento, pero de acuerdo a las Cartas Bioclimáticas y Psicrométricas, requiere calentamiento solar pasivo de un 42%, ventilación un 28% del mes así como masa térmica un 29%.

Mayo.

Es el mes más caluroso del año, con una temperatura máxima de 32.7°C. y una temperatura media de 22.7°C. que se encuentra dentro del rango de confort. En lo que se refiere a la humedad, se encuentra dentro de la zona de confort con una humedad relativa media de 53% y a pesar de que la precipitación se ha incrementado a 44.6 mm. Es todavía un mes seco.

De acuerdo a la gráfica de Índice Ombrotérmico de Temperatura, este mes no requiere ni enfriamiento ni calentamiento, cuenta con el 79% de días despejados, contando así con la mayor radiación directa del año, 550 w/m², igual que el mes de Julio, pero teniendo la menor radiación difusa de 150w/m².

De acuerdo a las Cartas Bioclimáticas y Psicrométricas, requiere de calentamiento solar activo un 32% del mes, ventilación un 16%, ventilación y humidificación un 18%, así como un 31% de masa térmica.

Junio.

Cuenta con una temperatura media de 22°C. es el mes que tiene las mañanas menos frías con una temperatura de 13.8°C.

La humedad relativa media es de 59% por lo que se encuentra dentro de la zona de confort, en este mes es donde se registra la mayor precipitación del año, de 95.3mm. De acuerdo a la gráfica de Índice Ombrotérmico de Temperatura, es el mes más húmedo. De acuerdo a la gráfica de Días Grado, este mes no requiere de enfriamiento o calentamiento, los días despejados empiezan a disminuir a un 48% del mes.

De acuerdo a las Gráficas Bioclimáticas y Psicrométricas, este mes requiere de un 37% de calentamiento solar pasivo, un 9% de ventilación, un 20% de ventilación con humidificación, así como un 26% de masa térmica.

Julio.

Este mes cuenta con una temperatura media de 21.0°C., es el mes con la menor oscilación térmica 14.7°C., la humedad relativa máxima es de 85%, ésta se presenta durante las primeras horas de la mañana, ya que a partir del medio día y la tarde cuenta con una humedad dentro de la zona de confort, la humedad relativa mínima es igual a 40% , de acuerdo a la gráfica de Índice Ombrotérmico de Temperatura, es un mes húmedo.

En este mes se nota la presencia de la canícula al disminuir la precipitación de 95.4mm. a 82.4 mm. Y en Agosto es de 91.1 mm.

De acuerdo a la gráfica de Días Grado, no requiere ni calentamiento ni enfriamiento.

Es el mes con menos días despejados del año, únicamente 10 días del mes, sin embargo cuenta con la más alta radiación directa de 550 w/m² , al igual que Mayo y también con la mayor radiación total junto con Abril de 750 w/m².

De acuerdo a las Cartas Bioclimáticas y Psicrométricas, se requiere de un calentamiento solar pasivo de 43%, una ventilación de 18%, así como un 16% de masa térmica.

Agosto.

Su temperatura media de 21.2°C. así como su humedad relativa media de 60%, se encuentran dentro de la zona de confort. Es el segundo mes con mayor precipitación, de 91.1 mm. Y es el segundo mes más húmedo, de acuerdo a la gráfica de Días Grado no requiere ni enfriamiento ni calentamiento.

El 50% de los días de éste mes son despejados siendo el mes que registra la menor velocidad de viento, 2.0 m/s con dirección NE. De acuerdo a las Cartas Bioclimáticas y Psicrométricas, requiere un calentamiento solar pasivo de 42%, una ventilación de 15%, una ventilación y humidificación del 5% así como un 19% de masa térmica.

Septiembre.

La temperatura media de este mes se encuentra por debajo de la zona de confort, 20.5 °C. Siendo éste, un mes húmedo. Es uno de los 4 meses con mayor precipitación del año de 82.3 mm., con una humedad relativa media de 62%.

Cuenta con el 38% de sus días despejados y presencia de granizo.

Requiere calentamiento solar pasivo en un 46%, Un 12% de ventilación y un 12% de masa térmica.

Octubre.

La temperatura media de este mes de 18.6, se encuentra por debajo de la temperatura de confort.

Cuenta con una Humedad Relativa de 57 %, y la precipitación empieza a disminuir, 44 mm, con este mes empiezan los meses secos.

Es el mes con mayor numero de día nublados, 39% del mes. Este mes requiere calentamiento solar pasivo en un 59% y un 4% de masa térmica.

Noviembre.

Las tardes de este mes se encuentran dentro de la zona de confort, sin embargo su temperatura media de 16.8°C.se encuentra por debajo de la zona de confort.

En lo que se refiere a su humedad, se encuentra dentro de la zona de confort, con una Humedad Relativa Media de 53%, la precipitación desciende notablemente a 7.8 mm. Es un mes seco. Es el 2º mes con menos radiación directa con 450 w/m^2 . Mas del 50 % de sus días son despejados, debido a que inician las heladas, es un mes que requiere gran calentamiento solar pasivo, del 67% del mes.

Diciembre.

Es el segundo mes más frío, con una temperatura media de 15.1°C , aunque sus tardes se encuentran dentro de la zona de confort, su temperatura mínima es de 5.8°C Su Humedad Relativa Media de 53%. La precipitación es muy escasa, contando únicamente con 4.4 mm, es uno de los meses más secos.

En este mes se presenta la menor radiación total, 650 w/m^2 . Y la menor radiación directa de 400 w/m^2 , sin embargo se presenta la mayor radiación difusa con 250 w/m^2 La mitad del mes cuenta con días despejados.

En este mes se presenta una de las mayores velocidades de viento con 3.1 m/s.

Este mes requiere de calentamiento solar pasivo en 75% y un 1% de calentamiento solar activo.

A partir de los diversos Análisis realizados, a continuación se desarrolló la Matriz de Climatización, en la cual se encuentran las estrategias bioclimáticas a seguir para el clima Templado Seco, al cual pertenece el caso de estudio de ésta investigación.

Tabla 15. Matriz de Climatización.

Análisis Tipológico

En este capítulo se desarrolló el Análisis Tipológico del lugar de estudio, con objeto de contribuir al conocimiento de los diversos elementos de la arquitectura local. El manejo de esta disciplina es fundamental para este proyecto, ya que *“la tipología arquitectónica se fundamenta en las características recurrentes de las construcciones, considerándolas como manifestación de los modelos de vida y relación del hombre con su medio”*⁸⁷

Para la realización de este Estudio Tipológico, fue necesario primeramente revisar algunas fuentes acerca de estudios relacionados con este tema e identificar las diversas nociones del concepto de tipo y tipología. En este proceso se encontraron varios autores entre los que destaca Fernando Tudela, quien considera que el *tipo* es un *“sistema de reglas que permiten producir un número indeterminado de individuos que se reconocen como pertenecientes a la misma clase”*.⁸⁸ Por su parte, Rafael Moneo⁸⁹, se refiere al *tipo* como *“un concepto que describe a un grupo de objetos a los que caracteriza una misma estructura formal”*.

En lo que se refiere a la operación tipológica básica Manuel Rodríguez Viqueira la define como *“la clasificación, entendida como el acto de abstracción que tiende a poner orden entre entidades diversas, agrupándolas en clases previa identificación de los rasgos comunes que permiten tal agrupación”*.⁹⁰

La tipología del medio construido se ha de entender entonces como una disciplina que se basa en identificación de las características compositivas que se presentan de manera recurrente en espacios contruidos de un sitio dado, en función de su correspondencia con manifestaciones de modos de vida y relación del hombre con su medio,

⁸⁷ Guerrero, Luis, 1996 “Introducción”, en *Estudios de tipología arquitectónica 1996*, México D.F., U.A.M.-Azcapotzalco.

⁸⁸ Tudela, Fernando, 1979, *Tipología arquitectónica*, México D.F., U.A.M.-Xochimilco.

⁸⁹ Moneo, Rafael, 1982, *Sobre el concepto de tipo en arquitectura*, Madrid, ETSAM, pp. 187-211.

⁹⁰ Rodríguez Viqueira Manuel, *Estudios de Tipología arquitectónica*, 1997.UAM-AZC. México. p.137

con el objeto de conocer sus orígenes y desarrollo, como fundamento de posibles intervenciones dirigidas hacia su permanencia y proyección al futuro.

Los tipos no son configuraciones definidas, sino imágenes que resumen un cierto grupo de relaciones, privadas de su individualidad, y transformadas en un sistema conceptual. Se trata de un conjunto de conceptos integrados orgánicamente en función de su relación con otros similares. Estas relaciones surgen de un proceso que coloca en segundo plano la naturaleza particular de los casos, permitiendo enfocar la atención en la forma en que ellos se articulan y transforman.

La tipología será entonces una actividad teórica y creativa que ha de permitir la definición y estructuración de un sistema de relaciones conceptuales, mediante la realización de dos etapas mutuamente complementarias e interdependientes: un proceso de análisis, que consiste en la abstracción por comparación de los componentes esenciales y principios de organización que se presentan de manera constante, dentro de ciertos límites, en una serie de ejemplares de estudio; y un proceso de síntesis, que se refiere a la integración y formulación de conceptos que ayudan a explicar las relaciones analizadas, y que permiten su transformación dentro de los límites establecidos, para lograr su trascendencia. No se trata de la simple búsqueda de ejemplares para ser reproducidos, sino de la comprensión de su evolución para poder participar en su desarrollo.⁹¹

Para la determinación de la agrupación de clases se tomaron en cuenta conceptos Formales, Espaciales, Constructivo, y Bioclimáticos, haciendo énfasis en estos últimos, debido a que uno de los objetivos de esta investigación es el de generar conceptos de diseño bioclimáticos, con base en los rasgos arquitectónicos locales.

⁹¹ Guerrero, Luis, 1999, "Composición arquitectónica y Restauración", en *Anuario de Estudios de Arquitectura 1999. Historia, Crítica, Conservación*, UAM-Azcapotzalco, México D.F., p.84.

Para la realización del Análisis Tipológico se siguió el método propuesto por el Dr. Luis Fernando Guerrero Baca.⁹²

Paso 1

Primeramente se realizó un recorrido visual del lugar de estudio, con el apoyo de mapas y planos urbanos, se planteó una estrategia de recorridos, para poder definir así, el universo de estudio para el desarrollo de esta investigación.

Paso 2

En un plano urbano, se fueron marcando, las 21 viviendas que habían de conformar el universo de estudio, (Fig. 38) con base en la presencia de rasgos formales, funcionales y materiales recurrentes, describiendo y enlistando los rasgos más evidentes, paralelamente realizando de fotografías, croquis y apuntes cada uno de los casos.



Fig. 38 Mapa de Localización de las Viviendas de Estudio.

⁹² Guerrero, Luis "Tipología y Enseñanza de diseño arquitectónico" en Estudios de Tipología Arquitectónica, 1997, Universidad Autónoma Metropolitana, México

Paso 3

Se diseñó una Cédula de Identificación, fue indispensable para llevar a cabo el Análisis Tipológico, debido a que en ella se incorporaron tanto los rasgos arquitectónicos detectados, como aquellos elementos que tienen relación con aspectos bioclimáticos. El desarrollo se realizó de la siguiente manera.

Cédula de Identificación

La cédula consta de siete rubros que se dividen de la siguiente forma:

- Localización, en el cual encontramos datos de:
 - Número de identificación
 - Dirección de la Vivienda, Estado, Municipio, Colonia o Barrio, Calle y Número.
- Infraestructura, en donde se encuentran datos del lugar de estudio, como:
 - Alumbrado Público
 - Banquetas
 - Pavimento
 - Drenaje
 - Alcantarillado
 - Servicios, Electricidad, Gas L.P., Agua Potable.
- Imagen, la cual consta de tres recuadros.
 - En el primero encontramos un plano de localización de la vivienda
 - En el segundo un plano de la casa (planta)
 - En el tercero una fotografía a color de la fachada.
- Formal-Espacial: Este rubro se toma en cuenta los siguientes conceptos:
 - Orientación, del predio y de la fachada Principal.
 - Relación con la calle.
 - Características y ubicación del acceso principal
 - Número de niveles
 - Superficie de la vivienda
 - Número de Locales, abiertos, cubiertos, de uso, circulaciones.
 - Relación Vano- Macizo

- Características formales de la fachada
- Características formales de los vanos
- Características formales de la cubierta.

- Elementos constructivos:
 - Muros exteriores, materiales, recubrimientos, color, espesor.
 - Muros interiores materiales, recubrimientos, color, espesor.
 - Pisos, materiales, color, espesor.
 - Cubiertas, materiales, acabado, espesor.

- Control Solar:
 - Vanos, cantidad, dimensiones y características
 - Puertas exteriores, cantidad, dimensiones y características
 - Puertas interiores, cantidad, dimensiones y características
 - Existencia de algún tipo de dispositivo de control solar

- Conceptos bioclimáticos y Ecológicos: Se tomaron en cuenta aspectos de:
 - Tipo de vegetación Exterior e Interior.
 - Albarradas
 - Fuente
 - Suministro de agua potable y agua de riego
 - Calentamiento de agua
 - Captación de agua pluvial
 - Aprovechamiento de residuos sólidos
 - Iluminación
 - Ventilación de los locales.

Fig. 39 Cédula de Identificación

Fig. 40 Cédula de Identificación. Formal-Espacial, Elementos Constructivos

Paso 4

Se recopilaron todos los datos de las Cédulas de Identificación del universo de estudio, (*Apéndice A*) los cuales fueron capturados en una hoja de cálculo electrónico, en Excel, con el objeto de realizar gráficas por cada concepto. A partir de las gráficas de se obtuvieron las características más comunes, de acuerdo a la

presencia constante de rasgos formales, funcionales de los elementos arquitectónicos, determinando así la estructura y los límites tipológicos para el análisis. (Apéndice B)

PASO 5

Caracterización de los elementos arquitectónicos en Tecozautla, como resultado del Análisis Tipológico.

En lo que se refiere a la Infraestructura del lugar se observó que existe Alumbrado Público, Electricidad, Drenaje y Agua Potable en todo el sitio, pero únicamente el 50 % de las calles en donde se encuentran las viviendas que se estudiaron cuentan con banquetas y el 80 % de las calles están empedradas.

En el rubro referente a Espacio y Forma, se concluyó que en las viviendas del lugar que predominan las siguientes características, se incluye porcentaje:

- Adosadas a la calle y al mismo nivel
- Viviendas de un solo nivel
- Ancho de Fachada de 12 m.
- Altura del nivel 4.00 m.
- Acceso principal al centro de la fachada
- Puertas exteriores con marco de cantera principalmente.
- Vanos enmarcados en cantera
- Proporción Vano/Macizo 5/95 %
- Planta cuadrada
- Superficie entre 150 y 200 m.
- El número de locales es de 7 a 10
- Cuentan con el 30% y 35 % de locales descubiertos.
- Patio Central

En lo que se refiere a sus elementos constructivos:

- Muros interiores y exteriores de piedra con un espesor de 60 a 64 cm.

- Muros interiores y exteriores aplanados de color blanco.
- Piso de Cantera.
- Cubierta Plana de Terrado
- Vigas de madera como elemento portante, techumbre de tejamanil

Con respecto al Control solar las características principales de las viviendas son:

- Uno a dos vanos,
- Vanos cuadrados de 1.00 m por 1.00 m
- Altura de vanos de 1.00 a 1.20 m con respecto del piso
- Vanos Remetidos
- Puertas de 1.00 m de ancho por 1.80 de alto
- Puertas de madera
- Presencia de pórticos.

Con relación a los Conceptos Bioclimáticos y Ecológicos se observó lo siguiente:

- No se cuenta con vegetación exterior.
- Se cuenta con vegetación interior, plantas de ornato.
- La Huerta es un espacio predominante
- Agua de riego de la presa para cultivo.
- No cuentan con fuentes o algún elemento para humidificar
- Gas como combustible principal para el calentamiento de agua.
- Suministro de agua potable de pozo.
- Utilización de agua potable para riego de vegetación interior y jardines.
- No existe captación de agua pluvial
- No se aprovechan de residuos sólidos
- Ventilación cruzada en locales.

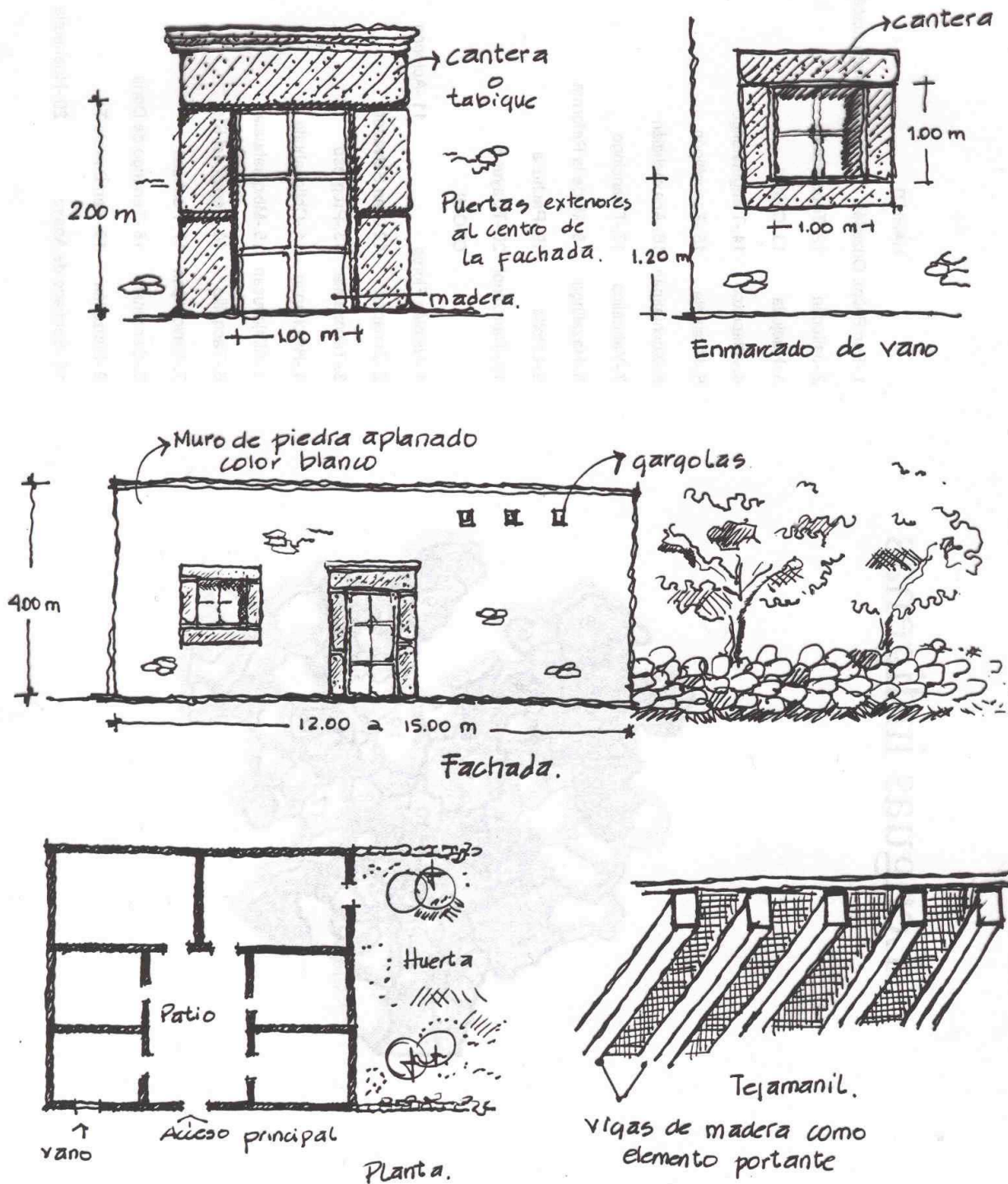


Fig. 42. Caracterización Gráfica de la Tipología en Tecozautla, Hgo.

Tipología y Clima

Partiendo de la hipótesis planteada de que los materiales y sistemas constructivos tradicionales que se utilizan en Tecozautla, proporcionan a la arquitectura local condiciones de confort muy adecuadas, en el presente trabajo se realizaron los Análisis Tipológico y Climático manera independiente, obteniendo datos de cada uno de ellos, los cuales serán cotejados conjuntamente a continuación, enunciando principalmente los conceptos recurrentes del Análisis Tipológico que tienen relación con las condiciones Climáticas.

- Planta arquitectónica de configuración cuadrada. Este tipo de configuración compacta es recomendable para este tipo de clima debido a que reduce la superficie de exposición al exterior, evitando pérdidas de calor.
- Patio Central con vegetación y (en ocasiones) fuentes. Dentro de las estrategias de diseño en contar con áreas abiertas dentro de las edificaciones es muy adecuado como estrategia de enfriamiento evaporativo.
- Altura de los locales de 4.00 mts., como estrategia de enfriamiento
- Cubiertas planas, utilizando vigas como elemento portante y tejamanil. La forma de la cubierta responde a que la zona es de muy poca precipitación, y los materiales, responden a la estrategia de masividad que se requiere para esta zona.
- Piso de cantera, responde a la estrategia de inercia térmica para que tiene como objetivo almacenar el calor del día y liberarlo por la noche.
- Muros Exteriores e Interiores de Piedra con espesor de 64 cm., encalados en blanco, La estrategia Principal para este clima es la de Inercia térmica por medio de la masividad de los muros, trabaja de una forma adecuada; además de que el color blanco en el interior incrementa los niveles de iluminación.
- Vanos remetidos en una proporción de 5/95 de vano/macizo. Se recomiendan vanos pequeños para evitar tanto ganancias como pérdidas de calor, únicamente como ventilación, en lo que se refiere al remetimiento se utiliza como dispositivo de control solar. Cabe mencionar que se notó la presencia de

vanos en todas las direcciones a excepción del Oeste, siendo recomendables de acuerdo al análisis climático las direcciones Sur, Sureste y Este para la colocación de vanos.

De acuerdo a lo anterior, se puede corroborar que la Tipología del lugar responde de una forma adecuada a las Condiciones Climáticas del sitio, dando como resultado que las viviendas sean confortables, sin embargo no todos estos materiales y sistemas constructivo son posibles de utilizar en la actualidad debido a que ya no se trabajan con facilidad, como el tejamanil, por lo que en el capítulo de Recomendaciones se sugieren materiales y sistemas constructivos tanto tradicionales como modernos, considerando todas las estrategias de acuerdo al Análisis Climático realizado.

Comportamiento Higrotérmico de las Edificaciones.

Dentro de esta investigación se realizó una serie de mediciones de temperatura, humedad, radiación, presión, velocidad y dirección de viento, con el propósito de obtener datos reales del comportamiento higrotérmico de los diferentes materiales utilizados en una construcción tradicional.

El presente capítulo pretende mostrar la metodología aplicada para la realización de las mediciones correspondientes. Es por ello que se seleccionó una construcción representativa del universo de estudio, para verificar comportamiento.

El primer paso consistió en definir los parámetros que se requirieron medir para el desarrollo del análisis del comportamiento higrotérmico, los cuales fueron, Temperatura, Humedad, Radiación, Presión, Velocidad y Dirección del Viento. Una vez definidos los parámetros, el siguiente paso fue el de identificar los instrumentos que se utilizaron para estas mediciones:

- **Actinógrafo:** Es un instrumento de tipo calorímetro, que sirve para medir la radiación solar. Está clasificado dentro de los sensores de tipo térmico, cuyo sensor es una tira bi-metálica, la cual es expuesta a la radiación a través de un domo transparente de vidrio. La tira obscura al exponerse a la radiación sufre una expansión, como resultado de los cambios de temperatura, la cual es amplificada por medio de una palanca y un brazo que lleva en el extremo una plumilla que registra el valor de la radiación sobre una gráfica graduada de manera bi-horaria. Dicha gráfica se monta sobre un tambor mecánico, de cuerda, que se puede programar, ya sea para que grafique 24 horas o 7 días.⁹⁴

⁹⁴ Mota Ramírez, Arturo. 1999, *Técnicas de Observación de la Radiación Solar*. UAM, México, D.F.

- **Termohigrógrafo:** Este instrumento sirve para medir la temperatura ambiente y la humedad relativa. Es un aparato que consta de un sensor de temperatura y uno de humedad relativa, el cual por medios mecánicos registra estos valores en una gráfica montada en un tambor de cuerda, que se puede programar, ya sea para que grafique 24 horas o 7 días.⁹⁵
- **Estación Climatológica:** Es un conjunto de instrumentos que sirven para medir la temperatura ambiente, la humedad relativa, la presión y la velocidad y dirección del viento. Los instrumentos de medición con los que cuenta son termómetro, higrómetro, barómetro y anemómetro, los cuales están montados en una base. También cuenta con una veleta, que se conecta a la base, la cual registra la dirección del viento,. En esta estación climatológica se toman las lecturas manualmente y para su funcionamiento requiere pilas.
- **Termómetro de globo:** Este es un termómetro de mercurio, que esta montado en una base de hule, el cual sirve para medir la Temperatura Radiante.
- **Termómetro de Máximas y Mínimas:** Es un termómetro cuya columna de mercurio asciende a medida que se eleva la temperatura y va empujando una barra metálica, la cual queda inmóvil cuando la temperatura empieza a descender, permaneciendo en esta posición, de tal forma que se registra la temperatura más alta. Del mismo modo sucede para indicar la temperatura más baja durante un periodo considerado.

⁹⁵ Mota Ramírez, Arturo. Op. Cit. 1999

- **Anemómetro:** Se trata de un aparato manual, de forma circular, hueco que consta de un rehilete metálico, el cual se coloca contra el flujo del viento, para que pase a través del aparato y se registre su velocidad.
- **Termohigrómetro digital:** Es un aparato, que consta de dos sensores. El primero formado por una serie de orificios que están en el propio aparato, y el otro que se encuentra al extremo de un cable, el cual se coloca en el exterior. Este aparato consta de dos pantallas. La pantalla superior registra los datos de temperatura y humedad obtenidos del sensor que está en el aparato mismo; y la pantalla inferior registra los datos de temperatura exterior correspondientes al sensor que se encuentra en el extremo del cable (Fig. 43). Este instrumento cuenta con una memoria que guarda los datos de temperatura máxima y mínima que se hayan registrado. Las lecturas se deben tomar manualmente. Para su funcionamiento requiere pilas.



Fig. 43 Termohigrómetro Digital

- **Piranómetro y multímetro:** Este instrumento mide la Radiación Solar Global. Está pintado de color blanco por la parte exterior y negro por la parte interior. Contiene un sensor que está protegido por dos domos de vidrio concéntricos, donde la compensación de humedad en los domos se evita mediante una conexión a través de un tubo a un depósito de sílica gel.⁹⁶ Este instrumento se conecta a un multímetro digital, el cual registra las lecturas, (mV), sobre una pantalla.

Para el uso del Actinógrafo, del Piranómetro y el multímetro se contó con la asesoría del Fís. Arturo Mota del Departamento de Electrónica de esta Universidad, además de asistir a las clases que él mismo impartió acerca del uso de estos instrumentos.

Una vez que se identificaron y se obtuvieron todos los instrumentos de medición, se prosiguió a conocer y verificar los instrumentos, los cuales estaban en condiciones de utilizarse de inmediato, con excepción del termohigrógrafo y el actinógrafo, ya que sus plumillas no servían, y los termohigrógrafos no contaban con papel, para el desarrollo de las gráficas, por lo tanto fue necesario conseguir el material faltante, con apoyo del Laboratorio de Bioclimática de la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, para proseguir a la verificación del funcionamiento de los instrumentos.

Identificación de puntos para la colocación de los instrumentos

En lo que respecta a la colocación de los instrumentos en el lugar de estudio, se seleccionó una vivienda representativa del universo de estudio, — de acuerdo al levantamiento tipológico que se llevó a cabo en la primera etapa de esta investigación— la cual se ubica en la calle Fray Juan de Sanabria N° 40, en el Barrio de Los Cruces.

⁹⁶ Mota Ramírez, Arturo, Op. Cit. 1999.

Para Identificar los puntos en donde se colocaron los instrumentos de medición, fue necesario tomar en cuenta diversos aspectos, como la altura a la que se colocaron, que fue de un metro y medio del nivel del piso para evitar que el efecto del albedo fuera registrado por los sensores.⁹⁷ Asimismo, fue necesario ubicar las estaciones en áreas despejadas donde —por recomendación de la WMO [World Meteorological Organization]]— no deben existir obstáculos naturales por arriba de 4° al horizonte ni obstáculos artificiales, como edificios o construcciones por arriba de 5° al horizonte⁹⁸

Para la colocación del Actinógrafo y del Piranómetro, se buscó un lugar despejado, en el que no existieran obstáculos naturales ni artificiales, como se menciona anteriormente, por lo que la azotea fue el lugar más indicado para la llevar a cabo estas mediciones.(Fig. 44)

En lo que respecta a los Termohigrógrafos, se seleccionó una habitación de la vivienda tradicional para colocar ahí uno de los instrumentos.(Fig. 45) Esta habitación está construida con muros de piedra, de 64 cm de espesor, con piso de cantera, cubierta de terrado y vigas como elemento portante. Esta habitación cuenta con un vano. El segundo punto seleccionado para la colocación del termohigrógrafo fue el patio,(Fig.44) ya que es un espacio constante en las viviendas del lugar, y se consideró necesario estudiar el comportamiento higrotérmico de esa área.

Debido a que para esta investigación son fundamentales las mediciones higrotérmicas de la construcción tradicional, se consideró que tanto el Termohigrómetro digital, como los Termómetros de globo y el de Máximas y Mínimas, deberían colocarse en la habitación antes mencionada, colocando el sensor para la temperatura exterior del termómetro digital en el patio.(Fig.44)

⁹⁷ Leyva Contreras, Amando. Instructivo para el Manejo de los Piranómetros De tipo Robitszh y Evaluación de la Radiación Solar Global. Instituto de geofísica, UNAM; México, 1999

⁹⁸ Mota Ramírez Arturo. Op.Cit. 1999.

El Patio es un elemento importante en las construcciones de esta región, por lo cual, éste se seleccionó como el punto exterior en donde se instaló la Estación Climatológica, (Fig. 44), además con el objeto de medir la intensidad y dirección del viento, se situó en la azotea una veleta, por lo que se consideró el patio como el lugar más propicio para la colocación de esta Estación.

Fig. 44 Plano de Ubicación de los Instrumentos de Medición.

Se diseñaron fichas de trabajo en las que se registraron las lecturas de cada uno de los instrumentos. Después, estas cédulas se capturaron en una hoja de cálculo automatizada, obteniendo así gráficas de todas las mediciones realizadas que permitieron el posterior análisis del comportamiento higrotérmico de la edificación.

(Consultar Apéndice C)

Primera Medición

Los instrumentos se colocaron en los puntos identificados previamente, en el orden siguiente:

El Actinógrafo se colocó en la azotea, sobre una mesa de madera, de 0.60 m. por 0.60 m., de color negro mate, a una altura de 1.50 m sobre el nivel de la azotea, para evita el efecto de albedo, —radiación reflejada que proviene de la superficie de un cuerpo—, se colocó el papel milimétrico sobre el tambor metálico, se ajustó el nivel y seleccionó la medición para 24 horas, se le dio cuerda y se dejó trabajando.

Siguiendo las recomendaciones anteriores se colocó el Piranómetro, que además se conectó al multímetro. Tanto el Actinógrafo como el Piranómetro se colocaron en su punto destinado en la noche del 17 de mayo, para que el primero empezara a graficar la radiación a primera hora del 18 de mayo, que fue el día en el que se llevaron a cabo simultaneamente todas las mediciones; y del segundo se empezaron a tomar lecturas a partir de las 5:30 a.m. reportando una Radiación de 0.1 mV y así se prosiguió a la toma de lecturas cada 10 minutos hasta que la radiación descendió a 0.1 mV se tomó la última lectura del día, que fue a las 20:30 horas

La Estación Climatológica se colocó en el patio, en un lugar sombreado. Se conectó el cable que está unido a la veleta, la cual se sujetó a un tubo que se ubicó a una altura de 2.50 m del nivel de la azotea, con la ayuda de una brújula se orientó la veleta con dirección norte para que la Estación Climatológica reconociera los la posición de los puntos cardinales. Una vez ajustada se

empezaron a tomar lecturas horarias, siendo la primera a la media noche y la última a las 24:00 horas del día 18 de mayo.

Los Termohigrógrafos, se colocaron en los puntos seleccionados previamente, sobre una mesa a una altura de 1.20 m sobre el nivel del piso, para evitar el efecto de albedo. Se colocó el papel milimétrico sobre los tambores metálico, se ajustaron las agujas mecánicas de acuerdo a las lecturas de temperatura y humedad obtenidas del termómetro digital y se programó la medición para 24 horas. Se les dio cuerda y se dejaron trabajando a partir de las 0:00 horas. Para evitar la Radiación Directa sobre el termohigrógrafo que se colocó en el patio, fue necesario diseñar y construir una caseta de poliuretano con objeto de protegerlo.

Los Termómetros de Globo y el de Máximas y Mínimas se colocaron en el centro sobre una mesa de la habitación designada, a una altura de 1.20 m., sobre el nivel del piso. A la misma altura se colgó tanto el Termohigrómetro digital, como el sensor exterior que se colocó en el patio, en un lugar sombreado. Se empezaron a tomar lecturas horarias, a partir de la primera a la media noche del día 17 hasta las 24:00 horas del día 18 de mayo.

Una vez registradas, en las fichas de trabajo, las mediciones de las 24 horas de todos los instrumentos, (*Consultar Apéndice D*). Se programaron nuevamente siguiendo el procedimiento antes mencionado, pero en esta ocasión con el objeto de dejar trabajando 7 días, tanto al actinógrafo, como a los termohigrógrafos.

Análisis de datos y segunda Medición

Los datos numéricos obtenidos de las mediciones anteriores se capturaron y se graficaron (*Consultar Apéndice E*), para poder observar el comportamiento higrotérmico de cada uno de los puntos medidos. Las gráficas obtenidas de los Termohigrógrafos, no quedaron muy legibles, debido a que las plumillas estaban muy cercanas al papel, por lo que fue necesario realizar una segunda medición de todos los instrumentos, siguiendo el mismo procedimiento, únicamente

incrementando la distancia de las plumillas con respecto al papel. Ya que el mes de mayo es el mes más cálido en Tecozautla, se tuvo que ir al lugar de estudio el martes 29 de mayo, para realizar las mediciones el día miércoles 30 de mayo (*Consultar Apéndice F*) y así tener mediciones al mes correspondiente.

Análisis de datos de la segunda Medición

Se capturaron los datos numéricos obtenidos de la segunda medición, de los cuales se realizaron gráficas y se analizó el comportamiento higrotérmico. (*Consultar Apéndice G*)

Debido a que las lecturas Radiación del Piranómetro, se obtuvieron en mV, fue necesario transformar esos datos a watts/m², esto con base en una ecuación diseñada específicamente para ese instrumento, —ya que su calibración esta avalada por la WMO [World Meteorological Organization]—, y así se obtuvo la radiación global en las unidades requeridas.

$$RG = (Rad / 9.38) * 1000$$

Donde:

RG Radiación Global en Watts.

Rad Radiación en mV

9.38 Constante de calibración

Fig. 45 Ecuación de Conversión Radiación Global en Watts⁹⁹

El siguiente paso fue el de integrar las curvas de radiación obtenidas de las lecturas numéricas, para calibrar así el Actinógrafo. Con esto se determinó una constante que se utilizó en todas las gráficas generadas por este instrumento.

⁹⁹ Mota Ramirez, Arturo. “*Apuntes del curso de Cálculo de Radiación Solar*”, UAM, México, D.F. 2001

Tercera Medición

El mes de junio es el mes más húmedo por lo que se juzgó conveniente realizar una tercera medición siguiendo la metodología antes mencionada, registrando las mediciones en las fichas de trabajo, (*Consultar Apéndice H*) pero en esta ocasión se utilizaron además de los instrumentos previamente mencionados, tres termohigrómetros.

- **El Termohigrómetro**, Es un instrumento que sirve para medir la temperatura ambiente y la humedad relativa.

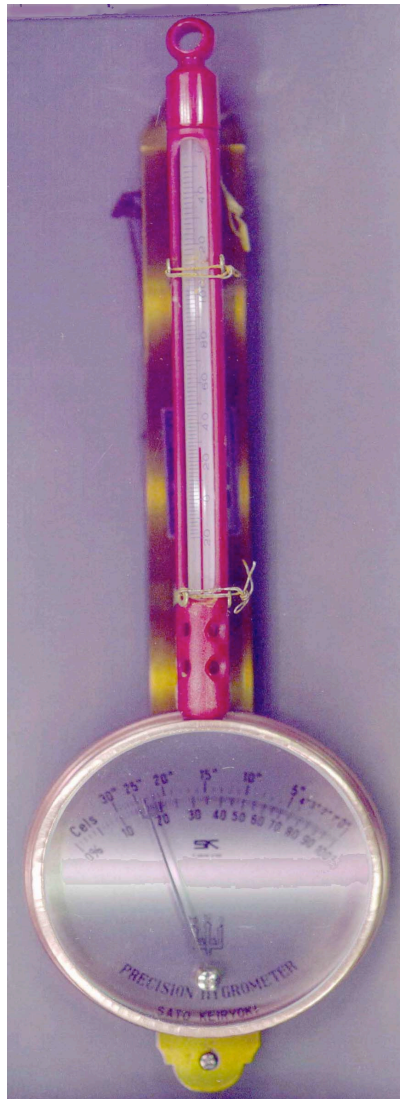


Fig. 46 Termohigrómetro

Estos instrumentos se colocaron en los siguientes puntos: El primero se colgó en la habitación en donde se realizaron las demás mediciones, el segundo en el patio y el tercero termohigrómetro se colgó en la huerta. Todos se colgaron a una altura de 1.20 m sobre el nivel del piso y los que estuvieron en el exterior se ubicaron en la sombra.

Análisis de datos de la Tercera Medición

Para la realización de este análisis se siguió la metodología de los análisis previos, es decir los datos numéricos obtenidos de la tercera medición, se capturaron, se realizaron gráficas (*Consultar Apéndice I*) y se analizó el comportamiento higrotérmico.

Las actividades principales de esta etapa, fueron las mediciones, cuyos resultados, así como el proceso de desarrollo fueron satisfactorios, con excepción de una parte de la primera medición en la cual las gráficas que generaron los termohigrografos, resultaron ilegibles. Sin embargo ésta primera medición no fue inútil, ya que de ella se rescataron los datos numéricos para su graficación y análisis.

El análisis de las Mediciones que se llevaron a cabo, tanto de temperatura, humedad, radiación, presión, velocidad y dirección de viento, fue con el objetivo principal de conocer el comportamiento higrotérmico de las construcciones tradicionales en Tecozautla, además de obtener datos reales con el propósito de utilizarlos en simulaciones numéricas de comportamiento térmico.

Simulación Numérica

El proponer Conceptos de Diseño Bioclimático, es el objetivo principal de esta investigación, por lo cual el desarrollo de la simulación numérica del comportamiento térmico de una construcción tradicional fue muy importante para el desarrollo de esta tesis.

La verificación del buen funcionamiento del balance térmico fue necesaria, para conocer el comportamiento higrotérmico de las construcciones, para que éste sirviera de herramienta para así proponer diferentes materiales y sistemas constructivos que se apegaran a las condiciones de confort de las viviendas tradicionales

El cálculo de las cargas térmicas se basa en los mecanismos de transferencia de calor, conducción, convección, radiación, evaporación, así como en las ganancias internas, por lo cual para la realización del cálculo del Balance Térmico¹⁰⁰, se eligió el 30 de mayo, debido a que en ese día se tomaron las lecturas de las mediciones y se cuentan con datos horarios reales de temperatura, humedad, y radiación.

El Balance Térmico Horario se realizó de una habitación de la vivienda en donde se efectuaron las mediciones de comportamiento higrotérmico. Para el desarrollo de este modelo de simulación se consideraron los materiales tradicionales de acuerdo a la manera en que está construida actualmente: piso de cantera, muros de piedra de un espesor de 64 cm., cubierta de tejamanil con vigas de madera como elemento portante, y la abertura que corresponde a la de la puerta de madera maciza de 1.00 m de ancho por 2.00 m de alto. *(Consultar Apéndice J)*

Además se realizaron Balances térmicos horarios con materiales tradicionales y convencionales, con el fin de realizar un análisis comparativo. *(Consultar Apéndice K)*

¹⁰⁰ Fuentes Freixanet, Víctor Armando, Método de Szokolay

El comportamiento térmico de la construcción con muros de adobe, y cubierta de teja, resulto muy similar al de los materiales existentes, con oscilaciones térmicas de entre 9.38°C y 9.74°C, a diferencia del comportamiento de la simulación numérica de los muros de tabique y block de cemento-arena con losa de concreto, que su comportamiento llego a registrar temperaturas hasta de 38.45°C, sobrepasando el límite de confort de 27.0°C , presentando oscilaciones entre 15.19°C y 18.30°C.

Debido a que el método de simulación numérica antes mencionado es de tipo estático, mostró cierta diferencia del comportamiento de los diferentes materiales, pero no reflejó el efecto de amortiguamiento, por lo cual fue necesario recurrir a otro modelo de simulación.

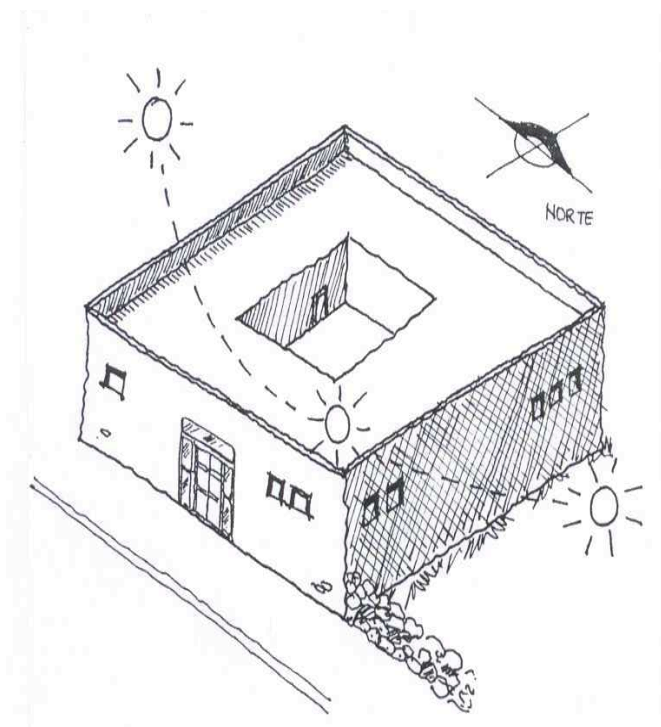
Se consideró el método propuesto por el Dr. José Diego Morales Ramírez¹⁰¹ para la realización de un nuevo Balance Térmico, de la habitación antes mencionada.

¹⁰¹ Sámano T. Diego A y Morales Ramírez J. Diego. *Cargas térmicas en Edificaciones, Notas del curso de actualización en energía Solar, UNAM, México, 1986*

Propuestas de Construcción.

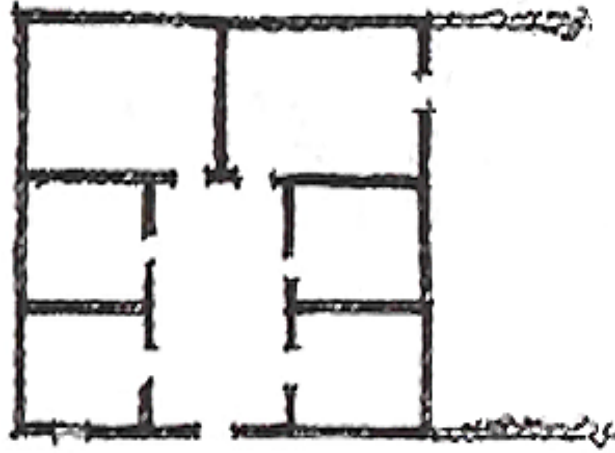
De acuerdo a los resultados obtenidos, a partir del presente trabajo, a continuación se enuncian una serie conceptos de diseño bioclimático como recomendación para la construcción de nuevas viviendas en Tecozautla, Hgo., partiendo de lo general a lo particular.

- Orientación de la vivienda, se recomienda, Norte-Sur ó Sureste-Noroeste y de acuerdo al Análisis Tipológico se debe situar al mismo nivel con relación al nivel de la calle.



- Orientación de los locales habitables al Sur, Sureste y Este., ya que se requiere calentar de forma directa, en las primera horas de la mañana. En caso de muros ciegos, estos se pueden orientar al Oeste, de tal forma que se capte el calor durante la tarde y retardando el paso al interior, liberándolo en la noche y la madrugada. La orientación recomendada para los locales de circulaciones, ó no habitables, es la Noroeste.

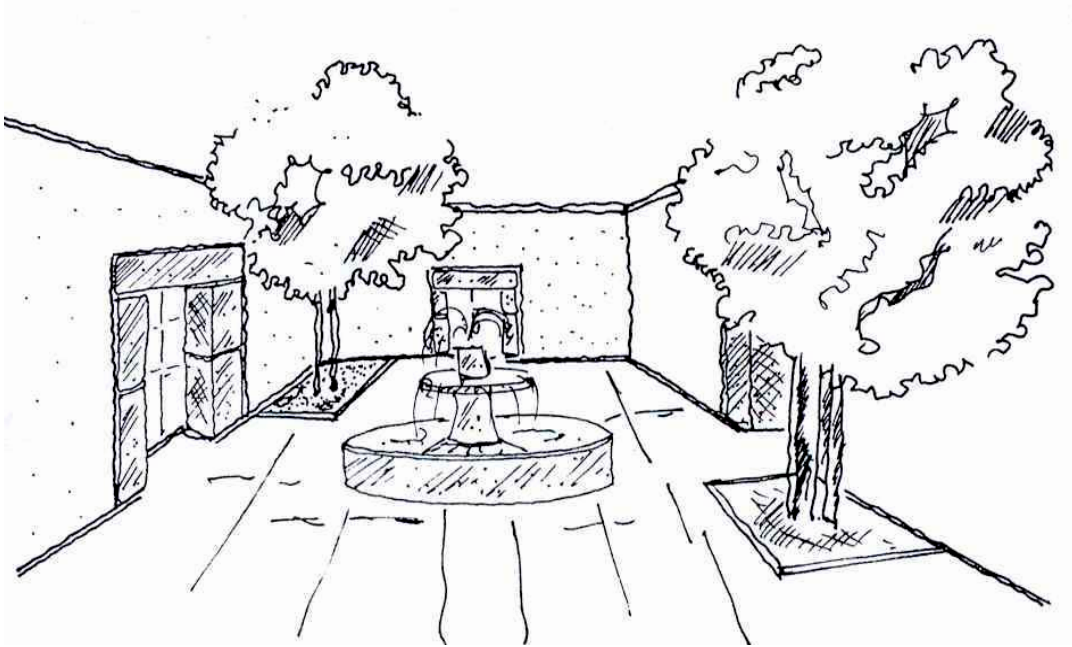
- Planta Arquitectónica de Configuración compacta cuadrada: reduciendo así la superficie de exposición al exterior, evitando las pérdidas de calor.



- Acceso Principal enmarcado en cantera con puertas de madera, al centro de la Fachada, debido a que por éste sirve de acceso al patio central, que hace la función de vestíbulo, de acuerdo a la tipología del lugar.

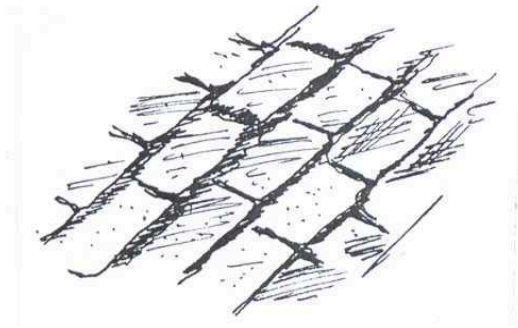


- El Patio Central es un elemento muy importante de control bioclimático, en donde el uso de Fuentes es recomendado para los Meses de Febrero, Marzo y Abril, ya que se requiere de humidificación, por las tardes y en espacios abiertos y con vegetación, como estrategia de enfriamiento evaporativo, para humidificar y crear un microclima.



- Muros Exteriores: Debido a que la estrategia principal para este sitio es la Inercia Térmica, se recomiendan Muros Masivos, que cuenten con una resistencia térmica mayor a $0.72 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$, principalmente en las Fachadas Oeste y Suroeste y de color oscuro, para captar el calor. Los materiales y espesores más recomendados son los siguientes:
 - Piedra: de 64 cm de espesor
 - Adobe : de 30 cm de espesor
 - Tabique rojo: de 28 cm. de espesor
 - Bock cemento-arena: de 40 cm de espesor.

- Muros interiores: pueden ser de materiales ligeros, en colores claros para incrementar los niveles de iluminación —reflectancia entre 60 y 85%— ya que se recomiendan aberturas pequeñas y poco numerosas.
- Pavimentos exteriores
 - Materiales permeables, que permitan que el agua pluvial se filtre al subsuelo del lugar



- Pisos interiores
 - Materiales pétreos de tal forma que almacene el calor obtenido por radiación directa durante el día y lo libere por la noche ó la madrugada.
- Techumbre se recomienda plana, debido a la poca precipitación existente en la región. Se recomiendan losas masivas, con impermeabilizante color terracota, debido a que los colores oscuros absorben la radiación solar. Los materiales que se recomiendan deben contar con una resistencia térmica mayor a $1.32\text{m}^2\text{C/W}$ por lo que se sugieren los siguientes:
 - Vigas de madera de 20 cm, Cubierta de Madera de 6 cm, una capa de tierra de 10 cm, entortado de 12 cm.
 - Vigas de madera de 25 cm, Cubierta de Madera de 6 cm, entortado de 12cm.
 - Losa de concreto de 12 cm, relleno de tezontle de 20 cm, entortado de 4cm, enladrillado.
 - Vigüeta y bovedilla de 18 cm, relleno de tezontle de 15 cm, entortado de 4cm.

- Altura de los locales altura de entre 3.50 a 4.00 metros, o espacios con doble altura, con el objeto de promover el enfriamiento y deshumidificación.



Fig. 55 Altura de Locales

- Vanos en muros enmarcados en cantera: En fachadas Este, Sureste y Sur, para el aprovechamiento de la radiación solar directa, únicamente en las primeras horas de la mañana y en el invierno. Como dispositivos de control solar, se recomiendan los remetimientos o abocinamiento. La proporción de vano/macizo debe ser de 10/90 ó 20/80, es decir vanos pequeños, para que las ganancias directas de calor no sean muy grandes y evitar las pérdidas de calor nocturnas. Se recomienda la Ventilación Cruzada debido a que la ventilación natural es una estrategia importante para este sitio.

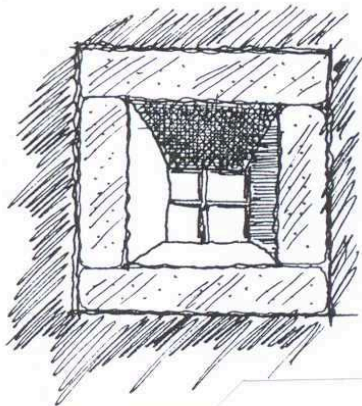
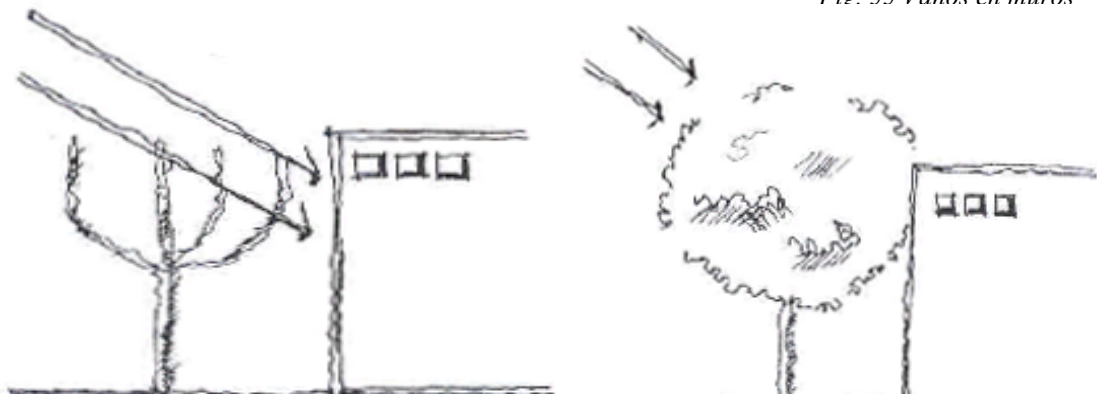
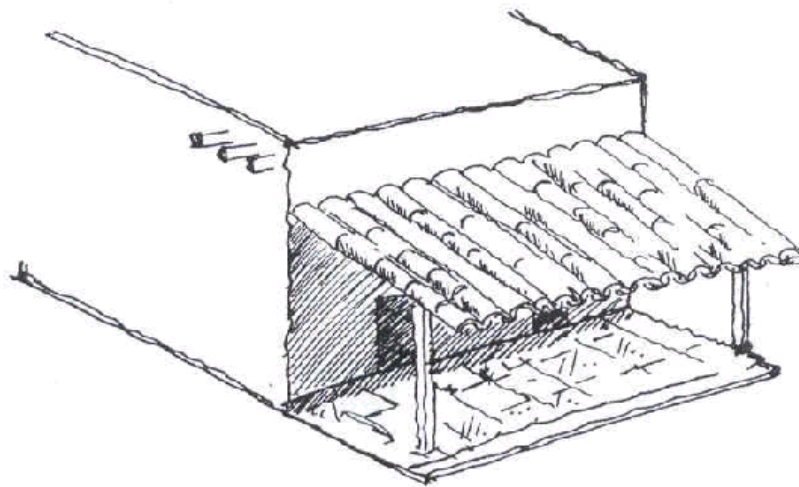


Fig. 55 Vanos en muros



- Vegetación Interior: En de tipo espacios de uso diurno y en áreas abiertas, de tipo Caducifolia, que permita el paso de los rayos solares en Invierno y sirva como dispositivo de control solar en verano.
- Los Pórticos al Sur, Sureste y Este, es otro elemento de control solar que se recomienda para bloquear el paso de los rayos solares en verano y permitiéndoles el paso en invierno o en las primeras hora de la mañana.



- Las Huertas es un espacio importante para las viviendas en Tecozautla, debido a que el viento al pasar primeramente por la vegetación, incrementa la humidificación, además de crear un microclima confortable. Se recomienda delimitarlas mediante albarradas.



- Los Colectores Solares Planos para calentamiento de agua, puede resultar un sistema muy eficiente, debido la Radiación Máxima Directa, se encuentra constante la mayor parte del año alrededor de los 500 w/m², y cuenta con un alto porcentaje de días despejados.
- Las Gárgolas de cantera, de acuerdo a la tipología del lugar, se recomiendan, únicamente de manera decorativa, debido a que se deben separar las instalaciones de aguas pluviales y residuales (jabonosas y negras) para el mejor aprovechamiento de las primeras.

Siguiendo estas recomendaciones con seguridad se obtendrá como resultado, una vivienda confortable, desde el punto de vista bioclimático, ya que toma en cuenta aspectos higro-térmicos, sin apartarse de la tipología del lugar, integrando la vivienda al sitio.

Conclusiones

En el presente trabajo se realizaron los Análisis Tipológico y Climático de Tecozautla, Hgo. de forma independiente, obteniendo datos de cada uno de ellos, que posteriormente se analizaron conjuntamente.

De acuerdo al Análisis Climático, algunas de las estrategias a seguir, para este tipo de clima, Templado Seco, son las de inercia térmica, enfriamiento evaporativo, control solar. Con lo cual se pudo corroborar que la tipología del lugar, la masividad de las construcciones, sus plantas de configuración compacta, la presencia de patios interiores con vegetación y fuentes, la orientación de las viviendas, así como la relación de vano/macizo, entre otras, responde de una forma adecuada a las condiciones climáticas del sitio.

Se constató que tanto los materiales (piedra, adobe, madera, teja) como los sistemas constructivos tradicionales utilizados en el caso de estudio, tienen un gran impacto en el confort higro-térmico, dando como resultado que las viviendas sean confortables en las cuales los usuarios desarrollen sus actividades cotidianas.

Una de las aportaciones de este trabajo es la de proponer materiales alternativos así como sistemas constructivos que se comporten de una forma similar a los tradicionales, así como el rescate de estos, de tal forma que se puedan utilizar en la actualidad.

El objetivo central que guó esta investigación consistió en la búsqueda de conocimientos de mayor precisión con respecto al comportamiento bioclimático de elementos arquitectónicos tradicionales. Lo anterior con el fin de proponer conceptos de diseño bioclimático para obras que se realicen en un futuro.

Los conceptos de Diseño Bioclimático generados en esta investigación contribuirán a la construcción de viviendas confortables en el aspecto higro-térmico, evitando así el uso de sistemas de climatización artificial que tiene un gran impacto en el medio ambiente, debido a la contaminación que genera el uso de éstos.

Paralelamente se podrá lograr el rescate de los sistemas de construcción tradicionales para soluciones de diseño bioclimático actual, así como la valoración de la arquitectura tradicional entre sus usuarios es una alternativa para vivir en confort, de manera que se aprovechen los materiales constructivos propios de la región, con el consecuente ahorro de recursos y consumo de energéticos.

Espero que esta propuesta sirva como sustento a futuras investigaciones relacionadas con el análisis de la arquitectura vernácula de manera que sigan dando los pasos para lograr un mundo limpio, así como el mejoramiento y preservación del medio ambiente para nosotros y las futuras generaciones.